JAUNASIS TYRĖJAS

2011 Nr. 4

Kai nubunda monstrai...

Viena svarbiausių daugelio galaktikų sudėtinių dalių – supermasyvi juodoji skylė. Ji, palyginti su visa galaktika, yra mažytė, bet jos įtaka galaktikos evoliucijai didelė.

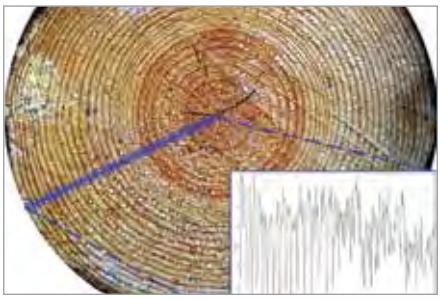
Vyko, vyksta, vyks

Baigiamajame ture apsilankę svečiai, konkursantų sirgaliai ir kiti smalsuoliai galėjo paganyti akis ne tik į spalvingus stendus, bet ir į įdomius jaunųjų tyrėjų atsivežtus eksponatus.

Ką veikia biosistematikai?

Minų galima aptikti visur: miške, pievose, mieste ar sode – ieškokite jų ant įvairiausių medžių, krūmų ir žolių lapų (nors kartais jų galima aptikti ir kituose augalų organuose).

Turinys



Mokslas šiandien ir rytoj

4–9 Kastytis Zubovas | Kai nubunda monstrai...

10–14 Vincas Būda | Augalų cheminiai ginklai

Jaunųjų tyrėjų darbai

15–20 Guoda Radavičiūtė, Vaiva Radavičiūtė | Pyridine *N*-oxide Derivatives – Antibacterial and Antifungal Agents

21–27 Vytautas Zarauskas, Gulera Atajeva | Influence of Iron Ore Deposits on Distribution of Radioactive Isotope ^{137}Cs after the Nuclear Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant

Susipažinkite

28–30 Gražina Radzvilavičiūtė | Vincas Būda: mokslas ir menas – vieno medžio žiedai

31–33 Dalia Ignatjeva | Mokslas – kaip romanas

34–36 Gražina Radzvilavičiūtė | Užduotis – išsiaiškinti, kodėl

37–39 Dalia Ignatjeva | Esu toks, koks esu

40–42 Gražina Radzvilavičiūtė | Ne visos žuvys vienodai plokščios

Mokslas Lietuvoje

43–46 Jonas Rimantas Stonis, Remigijus Noreika, Arūnas Diškus | Ką veikia biosistematikai?

47–49 Limas Kupčinskas | Kas lemia skrandžio ir dvylikapirštės žarnos ligas – mikrobai, genai... maistas?

50–53 Jūratė Lesutienė, Zita Gasiūnaitė, Saulius Gulbinskas, Sergej Olenin | Pažinkime jūros gelmes

54–56 Dainius H. Pauža | Jautrioji širdis ir jos anatominiai tyrimai

Tyrimų paslaptys

57–61 Donatas Narbutis | Paklaidos nėra klaidos

62–68 Audrius Bridžius | Skaitmeninė nuotrauka – efektyvus įrankis moksliniam tyrimui

Vyko, vyksta, vyks

69–70 Gražina Radzvilavičiūtė | Mokslo kalvė: kalk geležį, kol karšta

71–74 Gražina Radzvilavičiūtė | Lietuvai atstovaus jaunųjų tyrėjų ketvertukas

75–77 Gražina Radzvilavičiūtė | Mokytojai irgi mokosi

Ar pagalvotum...

78–81 Tomas Luneckas | Kas laukia robotų

Seniai, seniai

82–85 Rimantas Jankauskas | Dubingių kapavietės paslaptys

Įdomybės

86–89 Gediminas Motuza | Žemė dreba ir drebės... net ir Lietuvoje

Ar dar fantastika?

90–91 Edita Sužiedėlienė | Molekulinės mašinos

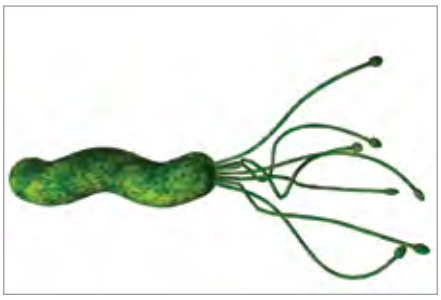
Žodžių spalvos

92 Kertelėje – prieveiksmiai

Pravartu žinoti

93 Jei ieškote duomenų

Numerio nuotrauka



Ar tik gabūs, ar pašauktieji...

Jis (Maras) buvo sumanus, turėjo šviesų, žvalų protą, jam lengvai ir greitai davėsi visa, ko galima išmokti be didesnio atsidėjimo. Tačiau vis labiau ėmė aiškėti, kad jis turi savanaudiškų sumetimų, dėl kurių ir panorėjo išmokti žiniuonies meno. Pirmiausia norėjo būti reikšmingas, vaidinti svarbų vaidmenį ir daryti įspūdį, buvo pilnas tuštybės, būdingos gabiesiems, bet ne pašauktiesiems. Siekė pripažinimo, puikavosi prieš bendraamžius pirmomis žiniomis ir sugebėjimais – čia irgi galėjo būti su laiku praeinantis vaikiškumas. Tačiau jis ne tik ieškojo pripažinimo, bet ir siekė valdyti kitus ir gauti sau naudos; meistras, tatai pastebėjęs, išsigando ir pamažu nugręžė širdį nuo to vaikino.

...

Maras buvo iš tokių itin gabių mokinių, kurie nepaisant gabumų, mokytojams visais laikais yra nemieli ir tikra našta, nes jų talentas yra ne iš dirvos dygusi ir iš vidaus augusi pamatuota organinė galia, ne subtili taurinanti geros prigimties, doro kraujo ir doro būdo stigma, o nelyginant kažkoks išoriškas, atsitiktinis, net uzurpuotas arba vogtas dalykas. Prasto būdo, bet didelio proto arba lakios vaizduotės mokinys būtinai įvaro mokytoją į keblią padėtį: jis privalo tokiam mokiniui perteikti žinių bei metodo paveldą ir paruošti jį dalyvavimui dvasios gyvenime – ir negali nejausti, jog tikroji, aukštesnioji jo pareiga būtų kaip tik apsaugoti mokslus ir menus nuo tų, kurie tiktai gabūs; juk ne mokytojas turi tarnauti mokiniui, o abu turi tarnauti dvasiai. Čia yra priežastis, kodėl mokytojai privengia arba tiesiog bijo kai kurių prašmatnių talentų; kiekvienas toksai mokinys iškreipia visą mokymo prasmę ir jos tarnaujamąją esmę. Jei mokinys sugeba tik prašmatnumu spindėti, bet ne tarnauti, tai kiekvienas jo reikalavimas reiškia iš esmės žalą tarnavimui, savotišką dvasios išdavystę. Kai kurių tautų istorijoje žinomi laiko tarpai, kada, giliai pažeidus dvasios tvarką, vadovaujančius bendruomenių, mokyklų, akademijų ir pačių valstybių postus plūste užplūdo tie, kurie buvo tiktai gabūs; visose vietose sėdėjo didžiai talentingi žmonės, kurie visi norėjo valdyti, bet nemokėjo tarnauti.

...

Hermanas Hesė „Stiklo karoliukų žaidimas“

Mieli jaunieji kolegos, sudėtingas Mokinio ir Mokytojo santykis buvo, yra ir bus dvasinė problema, kurią kiekvienam tenka spręsti savarankiškai – stenkitės, kad sprendimai negriautų pažinimo harmonijos, vestų į šviesą ir padėtų suprasti, ar jūs tik gabūs, ar pašauktieji...

Vladas Vansevičius

Projektas

Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas

JAUNASIS TYRĖJAS

Mielas skaitytojau,

Tu laikai ketvirtąjį – paskutinį – *Jaunojo tyrėjo* numerį. Tau jau pažįstamas, tikimės, ir lauktas žurnalas šį kartą pažvelgs į kosmoso platybes, augalų gyvenimą ir Žemės gelmes, papasakos apie Lietuvos mokslininkus ir jų darbus, jaunuosius tyrėjus ir jų vadovus.

Smagu prisiminti, kiek visko įvyko per porą metų! Gal dvejojai žengdamas į mokslo pasaulį, o gal, atvirkščiai, drąsiai vėrei į jį duris.

Projektas *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* netruko įgauti pagreitį ir kaip reikiant įsuko į šią veiklą mokinius, mokytojus ir mokslininkus. Per tuos dvejus metus buvo įvairiausių renginių, mokymų, patarimų. Ūgtelėjome visi ir visomis prasmėmis. Bendravome turiningai ir draugiškai. Dabar atsisveikiname. Tačiau Stiklo karoliukų žaidime – begalė kombinacijų ir galimybių...

Jaunasis tyrėjas

Projekto *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* žurnalas

Leidžia Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centras

Redakcinė kolegija: Aurelija Judita Abraitytė, Gediminas Beresnevičius, Vincas Būda, Rimantas Jankauskas, Jonas Karolis, Tomas Luneckas, Gediminas Motuza, Donatas Narbutis, Rigonda Skorulskienė, Rima Stonkutė, Justinas Teišerskas, Vladas Vansevičius (pirmininkas), Gitana Viganauskienė, Aurelija Visockienė.

Žurnalą rengė
Aldona Krutinienė, *aldona@jaunasis-tyrejas.lt*
Dalia Ignatjeva, *dalia@jaunasis-tyrejas.lt*
Ieva Šablevičiūtė, *ieva@jaunasis-tyrejas.lt*
Saulė Markevičiūtė, *saule@jaunasis-tyrejas.lt*

Adresas
Žirmūnų g. 1B, LT-09101 Vilnius
Tel. +370 5 230 0663
Faks. +370 5 276 3205
El. p. *busiu.mokslininkas@jaunasis-tyrejas.lt*

© Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centras, 2011

© Dizainas UAB „Inter Se“
Žygimantų g. 10-3, LT-01102 Vilnius

Maketavo ir spausdino UAB „Lodvila“
Sėlių g. 3A, LT-08125 Vilnius

Už straipsniuose pateiktus vertinimus ir faktus atsako autoriai.

Žurnale pateiktą informaciją galima naudoti kituose leidiniuose tik gavus raštišką leidėjo sutikimą.

Žurnalas *Jaunasis tyrėjas* internete *www.jaunasis-tyrejas.lt*

Žurnalas leidžiamas Europos Sąjungos struktūrinių fondų ir Lietuvos Respublikos valstybės biudžeto lėšomis

ISSN 2029-3577

Kai nubunda monstrai...

Kastytis Zubovas

Iš ko susideda galaktikos? Aišku, iš žvaigždžių. Taip pat jose yra ir dulkėtų dujų telkinių, o viską gaubia tamsiosios medžiagos vainikas. Bet viena iš svarbiausių daugelio galaktikų sudėtinių dalių – tai centre slypinti supermasyvi juodoji skylė. Nors ji, palyginti su visa galaktika, yra mažytė, bet jos įtaka galaktikos evoliucijai didelė. Pagal juodosios skylės „veiklą" galaktikos skirstomos į aktyvias ir neaktyvias. Aktyvių galaktikų centrinės dalies spinduliuotės srautas į pakraščius ar netgi lauk išstumia didžiulius dujų kiekius. Šitaip juodoji skylė reguliuoja galaktikos augimą ir žvaigždėdaros procesus. Visa tai atsispindi galaktikų nuotraukose, o ypač spektruose, todėl atrasti aktyvią galaktiką ir įsitikinti jos galia nėra taip sunku, kaip atrodo.

Kastytis Zubovas, Lesterio (Leicester) universiteto (Didžioji Britanija) teorinės astrofizikos doktorantas, jame baigė ir astrofizikos bakalauro bei magistro studijas. Tyrimų sritis – juodųjų skylių akrecinės tėkmės. Jis tiria grįžtamąjį ryšį, kuriuo aktyvios supermasyvios juodosios skylės veikia aplinką kelių astronominių vienetų ir visos galaktikos mastu.

Kur gyvena juodosios skylės?

Nakties dangų daugmaž perpus dalija Paukščių Takas – mūsų Galaktikos disko projekcija į dangaus skliautą. Tolimų žvaigždžių šviesa susilieja į vientisą balzganą švytėjimą, kuriame įmanoma įžiūrėti ir tamsesnių ruožų – dulkių debesų. Mums artimiausia panašaus dydžio galaktika M 31, arba Andromedos galaktika, labai geromis stebėjimo sąlygomis matoma plika akimi kaip blyškus šviesuliukas, tačiau net ir pro mėgėjiškus teleskopus jos grožis atsiskleidžia visa didybe. Paukščių Takas ir Andromedos galaktika yra spiralinės galaktikos. 1 paveiksle matyti tokios galaktikos NGC 3982 įvairialypė struktūra – diskas su spiralinėmis vijomis, žvaigždėmis, dujų bei dulkių sritimis ir centrinis telkinys. Kitokios galaktikos, vadinamos elipsinėmis, disko neturi ir, galima sakyti, yra sudarytos tik iš centrinio telkinio, tiesa, daug didesnio negu spiralinių galaktikų. Yra ir daugiau galaktikų tipų, o pradėjus nagrinėti mažiausias – nykštukines, išvis tampa nebeaišku, kas dar galaktika, o kas jau tik žvaigždžių spiečius. Skirtumas tarp šių dviejų sistemų turbūt slypi tamsiojoje medžiagoje, iš kurios sudarytas galaktiką gaubiantis vainikas yra vienas svarbiausių jos komponentų. Tačiau tamsiosios medžiagos pamatyti negalime, taigi ir tyrinėti ją sudėtinga.

Čia papasakosiu ne apie tamsiąją medžiagą, kad ir kokia įdomi ji būtų, o apie kitą tamsybę, tūnančią galaktikų centruose. Dauguma astronomų šiandien mano, kad galaktikų centruose yra supermasyvios juodosios skylės. Jų masė milžiniška: nuo maždaug milijono iki kelių milijardų Saulės masių, ir tuo jos skiriasi nuo daug mažesnės, žvaigždinės masės (ji neviršija šimto Saulės masių) juodųjų skylių. O štai dėl tarpinės masės juodųjų skylių egzistavimo mokslininkai kol kas karštai ginčijasi.

Aktyvios ir snaudžiančios juodosios skylės

Pagal apibrėžimą, juodosios skylės yra objektai (arba erdvėlaikio sritys), iš kurių negali ištrūkti niekas – netgi šviesa. Tai kaip jas aptikti? Juk astronominiai tyrimai remiasi būtent šviesa, pasiekiančia mus iš kosmoso platybių. Tyrinėjant juodąsias skyles, tenka pažvelgti šiek tiek plačiau – tiesiogine šio žodžio prasme. Stiprus juodosios skylės gravitacijos laukas jos aplinkoje sukelia įvairius procesus, kurie kitur Visatoje beveik (arba išvis) nevyksta. Vienas iš tokių procesų – aplink esančių dujų savitas švytėjimas. Patekusios į sritį, esančią arti juodosios skylės, dujos dėl energijos ir judesio kiekio momento tvermės sudaro paplokščią darinį, vadinamą akreciniu disku, iš kurio medžiaga krinta į juodąją skylę spinduliuodama elektromagnetines bangas. Šios spinduliuotės spektras nepanašus į normalių žvaigždžių ar dujų debesų. Be to, į supermasyvią juodąją skylę krintančių dujų švytėjimas gali nustelbti visos galaktikos spinduliuotę.

Tie du požymiai – savitas spektras ir didelis šviesis – leidžia astronomams aptikti supermasyvias juodąsias skyles, godžiai „valgančias" aplinkinę medžiagą. Tokios juodosios skylės aptinkamos rečiau nei kas dešimtoje galaktikoje – šios galaktikos vadinamos aktyviomis. Iš neaktyvių galaktikų centrinių sričių sklinda beveik tik žvaigždžių šviesa, tad atsakymo į klausimą, ar tokių galaktikų centre yra juodoji skylė, reikia ieškoti kitais būdais. Dar prieš trisdešimt metų A. Soltanas (Sołtan) (Soltan 1982), remdamasis tuo, jog ankstyvojoje Visatoje matoma daug kvazarų[1] – labai didelio šviesio kompaktiškų objektų, o mūsų aplinkoje, kur visi objektai jau senstelėję, jų analogų yra gerokai mažiau, numatė, kad kiekvienos didesnės galaktikos centre turėtų būti po supermasyvią juodą-

[1] Kvazarai – aktyvių galaktikų tipas.

NASA, ESA ir The Hubble Heritage Team (STScI/AURA) nuotrauka

1 pav. Spiralinė galaktika NGC 3982. Gerai matyti spiralinės vijos, pilnos žvaigždžių, dulkių bei dujų, ir centrinis telkinys, kurio gelmėse slypi juodoji skylė. Atstumas iki galaktikos 21 Mpc.

ją skylę, tik ne visos jų tebėra aktyvios. Jis samprotavo paprastai: jei kvazaro energijos šaltinis yra medžiagos akrecija į supermasyvią juodąją skylę, tai žinant jo šviesį galima apskaičiuoti ir medžiagos įkritimo spartą. Skaičiuojant kvazarų kiekį įvairiose Visatos gyvavimo epochose, galima nustatyti, kiek daugmaž laiko kvazaras yra aktyvus. Nors šie įvertinimai yra tik statistiniai ir taip pavienio kvazaro juodosios skylės masės apskaičiuoti nepavyks, bet galima sužinoti „mirusių“ kvazarų, t. y. neaktyvių supermasyvių juodųjų skylių, skaičių. Padarius prielaidą, jog tipinės supermasyvios juodosios skylės masė lygi maždaug milijardui Saulės masių, randama, kad viename kubiniame gigaparseke[2] turėtų būti maždaug 100 tūkstančių mirusių kvazarų. O mūsų aplinkoje yra maždaug 100 tūkstančių vidutinio dydžio galaktikų kubiniame gigaparseke! Taigi išvada paprasta – beveik kiekvienos masyvesnės galaktikos centre yra supermasyvi juodoji skylė.

Teorijos nedaug vertos, jei neatitinka stebėjimų rezultatų. Norint tyrinėti neaktyvius galaktikų branduolius reikia didelės skiriamosios gebos prietaisų. Galaktikose gravitacijos lauką kuria tamsiosios medžiagos vainikas, žvaigždės ir dujų telkiniai. Tačiau arti centro juodosios skylės (jei ji ten yra) įtaka nustelbia visas kitas dedamąsias ir aplinkinės žvaigždės juda aplink ją elipsinėmis orbitomis, panašiai kaip planetos aplink Saulę. Ši sritis, vadinama juodosios skylės įtakos zona, palyginti su galaktikos dydžiu, yra labai maža – jos spindulys retai viršija dvi dešimtis parsekų, o mūsų Galaktikoje tesiekia porą parsekų. Taigi norint įsitikinti, kad galaktikos centre yra juodoji skylė, reikia prietaiso, kuris sugebėtų taip giliai pažvelgti į galaktikos centrą. Bet ir turint tokį prietaisą įro-

[2] Parsekas (pc) lygus 3,26 šviesmečio, megaparsekas (Mpc) – milijonas parsekų; gigaparsekas (Gpc) – milijardas parsekų.

dyti, kad jame tikrai yra juodoji skylė, būtų gana sudėtinga – panašų įspūdį gali sukurti ir kompaktiškas, labai masyvus žvaigždžių spiečius. Tik 1995 metais, tyrinėdami labai greitai tolimos galaktikos centre besisukančias dujas, mokslininkai rado tvirtų įrodymų, jog jos sukasi aplink juodąją skylę (Tanaka et al. 1995).

Juodosios skylės egzistavimas mūsų kosminiuose namuose – Paukščių Tako galaktikoje – buvo įrodytas kitaip. Centrinio objekto įtakos zonoje yra bent keletas šimtų, o gal ir gerokai daugiau žvaigždžių. Kai kurios iš tų žvaigždžių yra pakankamai šviesios, kad jų judėjimą būtų galima stebėti pro visas tarp jų ir mūsų esančias dulkes. Daugiau kaip dešimtmetį trukę stebėjimai leido apskaičiuoti šių žvaigždžių orbitas ir tiksliai nustatyti centrinio objekto masę – paaiškėjo, kad mūsų Galaktikos centre yra 4 milijonų Saulės masių objektas, kurio dydis mažesnis nei Saulės sistemos. Šio amžiaus pradžioje buvo aptikti trumpalaikiai rentgeno spindulių žybsniai, sklindantys iš šaltinio Šaulio žvaigždyne (Sgr A*), esančio mažesniu nei 1 AU[3] atstumu nuo masyvaus objekto centro, aplink kurį sukasi žvaigždės (Alexander 2005). Joks kitas žinomas ar teoriškai numanomas objektas negali būti toks mažas ir toks masyvus – tik supermasyvi juodoji skylė.

Tiriant neaktyvias galaktikas gauta ir daugiau įrodymų, kad juodosios skylės jose tikrai egzistuoja. Taigi A. Soltano hipotezė, regis, pasitvirtino. Panašu, kad supermasyvių juodųjų skylių nėra tik nedidelių galaktikų centruose.

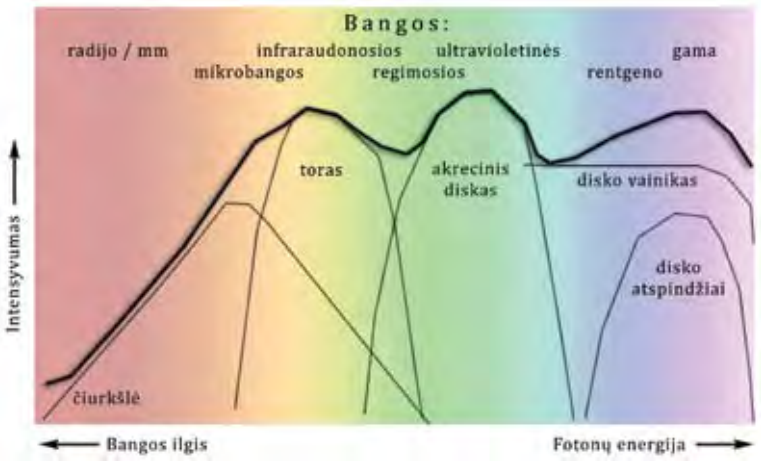
Centrinis variklis

Taigi, tik mažiau nei 10 % galaktikų šiuo metu – aktyvios. Joms būdingas savitas spinduliuotės spektras ir didelis galaktikos branduolio šviesis, o aktyvumą lemia dujų kiekis galaktikos centrinėje dalyje. Kaip tai vyksta? Ir kas iš tikro dedasi branduolyje?

Į galaktikos centrą dujos gali patekti net iš jos pakraščių. Toliau nuo centro esančios dujos, panašiai kaip ir žvaigždės, sukasi galaktikos plokštumoje arba įvairiomis orbitomis juda centriniame telkinyje. Šios orbitos labai retai priartėja prie paties centro, tačiau kartais įvairūs trikdžiai – galaktikų susiliejimai ar supernovų sprogimai – gali nustumti dujas į juodosios skylės įtakos zoną, kur jos patenka į akrecinį diską, besisukantį aplink juodąją skylę. Šiame diske arčiau juodosios skylės esančios dujos juda greičiau už toliau esančias. Dėl dujų klampumo susidaro trintis ir dalis dujų kinetinės energijos paverčiama šiluma – tai yra vienas iš disko kaitinimo šaltinių. Svarbu tai, jog dėl trinties prarasdamos kinetinės energijos disko dujos laipsniškai artėja prie juodosios skylės. Artėja tol, kol pasiekia vadinamąją paskutinę stabilią apskritiminę orbitą. Šios orbitos spindulys vos keletą kartų didesnis už juodosios skylės dydį, kuris apibūdinamas Švarcšildo (Schwarzschild) spinduliu[4], o tiksli vertė priklauso nuo juodosios skylės sukimosi aplink savo ašį greičio ir krypties. Praradusios dar truputį energijos, dujos beveik statmenai įkrinta į juodąją skylę. Šio paskutinio kritimo metu net apie 10 % dujų masės gali virsti energija ($E = mc^2$; čia m – dujų masė, c – šviesos greitis), kuri išspinduliuojama elektromagnetinėmis bangomis labai plačiame bangos ilgių diapazone – nuo radijo bangų iki gama spindulių (2 pav.). Skirtingos energijos fotonai sugeriami nevienodai – radijo bangos ir gama spinduliai išsprūsta iš galaktikos branduolio nesutikę didesnio pasipriešinimo, rentgeno spinduliai sugeriami diske, jie įkaitina dujas ir vėl išspinduliuojami, tik jau kito ilgio bangomis, ultravioletiniai spinduliai jonizuoja toliau skriejančius dar į akrecinį diską nesukritusius dujų debesis, o regimoji šviesa šildo gerokai toliau nuo juodosios skylės – nuo kelių iki kelių dešimčių parsekų atstumu – besisukantį molekulinių dujų torą. Visi šie procesai kartu sukuria savitą juodosios skylės spinduliuotės spektrą, nepanašų į žvaigždinį (Shakura, Sunyaev 1973).

Spektrų stebėjimai ir bandymai juos paaiškinti padėjo geriau suprasti, nors dar ne iki galo, aktyvaus branduolio sandarą (3 pav.). Juodoji skylė ir akrecinis diskas – gana gerai žinomi objektai, gerokai mažesni panašūs dariniai aptinkami dvinarėse rentgeno žvaigždėse. Tačiau galaktikos branduolio sandara sudėtingesnė – šiek tiek toliau nuo juodosios skylės, už akrecinio disko, skrieja tankūs dujų debesys. Jie juda dideliais greičiais ir spinduliuoja daug energijos, o spektre matomos labai plačios emisijos linijos, išplitusios dėl Doplerio efekto, – tai vadinamoji plačiųjų linijų sritis (angl. *Broad-Line Region*, toliau – BLR). Didžioji šių debesų švytėjimo dalis yra „perdirbta“ juodosios skylės spinduliuotė. Todėl sekant galaktikos branduolio šviesio kitimą galima nustatyti ir BLR dydį – bet koks centrinio objekto spinduliuotės intensyvumo pokytis atsispindi ir šių debesų švytėjimo spektre, tik šiek tiek pavėluotai. Šis vėlavimas atitinka laiką, kurį užtrunka šviesa, keliaudama nuo juodosios skylės iki dujų debesų, vadinasi, galime rasti ir atstumą, kurį jai tenka įveikti. Būdingas BLR dydis siekia kelias dešimtis šviesdienių, t. y. apie 0,01 parseko.

Gerokai toliau nuo juodosios skylės besisukantis molekulinių dujų toras yra riestainio pavidalo darinys, pilnas šiltų (kelių šimtų kelvinų temperatūros) dujų ir dulkių. Jis yra labai tankus, taigi nepraleidžia



2 pav. Tipinis aktyvios galaktikos, turinčios silpną čiurkšlę, spektras. Diagramoje parodytos iš skirtingų aktyvaus branduolio dalių sklindančios spinduliuotės spektro dalys (BLR ir NLR spektrus sudaro tik kelios spektro linijos, todėl jos nepažymėtos).

[3] Astronominis vienetas (AU) yra vidutinis atstumas tarp Žemės ir Saulės, lygus maždaug 150 mln. km.

[4] Švarcšildo spindulys – $R_S = 2GM/c^2$, G – gravitacijos konstanta, M – juodosios skylės masė, c – šviesos greitis.

beveik jokios spinduliuotės, o ypač gerai sugeria regimąsias ir ultravioletines bangas. Nuo to, pro kur žiūrėsime į galaktikos branduolį: pro riestainio skylę ar pro jo šoną, priklauso, kokį vaizdą matysime. Objekto, kurio branduolį stebime pro riestainio šoną, spektre nėra plačių linijų, o rentgeno spindulių emisijos linijos silpnos, tad spinduliuotė labai skiriasi nuo stebimos pro riestainio skylę. Ilgą laiką buvo manoma, kad šie spektrai būdingi skirtingiems aktyvių galaktikų tipams, kurie vadinami atradėjo vardu – Seiferto (Seyfert) I ir II. Tačiau naujausi tyrimai rodo, jog šios ir dar kelios, atrodytų, skirtingos, aktyvių galaktikų rūšys iš tikro yra to paties tipo objektai, bet matomi skirtingais kampais (4 pav.).

Yra dar dvi centrinio galaktikos variklio sudedamosios dalys. Aplink molekulinių dujų torą, panašiai kaip aplink akrecinį diską, skrieja daugybė debesų. Šie debesys yra gerokai mažesnio tankio, nei BLR, ir juda daug lėčiau. Taigi iš šių debesų srities sklindančios spinduliuotės spektro linijos nėra išplitusios, todėl nenuostabu, kad ši vieta vadinama siaurųjų linijų sritimi (angl. *Narrow-Line Region*, toliau – NLR).

Paskutinis aktyvaus galaktikos branduolio komponentas – čiurkšlė, besiveržianti statmenai juodosios skylės akreciniam diskui. Prasidėjusi visai arti juodosios skylės, ji gali tęstis tūkstančius parsekų. Čia siaura srove beveik šviesos greičiu trykšta dujos – jų energijos pakanka didžiuliams medžiagos kiekiams iš galaktikos išstumti. Čiurkšlės suformuoja aplink galaktikas aptinkamus milžiniškus burbulus – plazmoidus, spinduliuojančius radijo bangas. Kaip veikia čiurkšlės? Kol kas vienareikšmiško atsakymo nėra, bet manoma, jog dujas iš akrecinio disko „ištraukia“, įgreitina ir siauru pluoštu tolyn išmeta susivijęs magnetinis laukas.

O kaip jas atranda?

Pasakodamas apie aktyvaus galaktikos branduolio sudėtines dalis, užsiminiau ir apie kai kurių iš jų spinduliuotę. Būtent spinduliuotė leidžia mums nustatyti, kas ten iš tiesų vyksta.

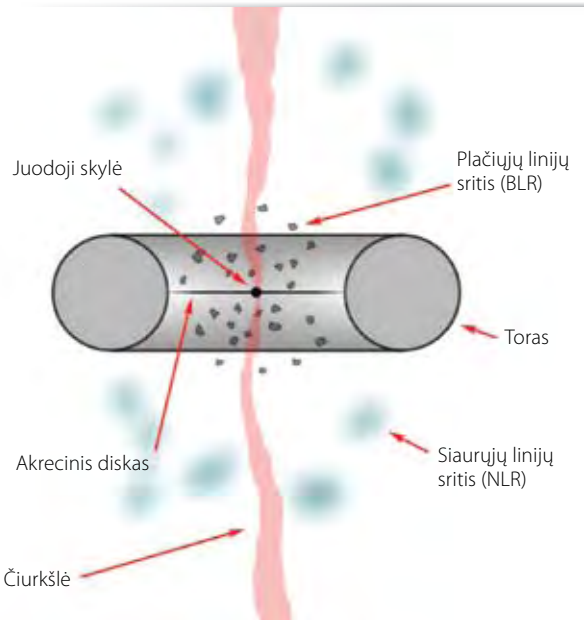
Daugiausia apie galaktikos aktyvumą galime sužinoti iš jos spektro. Bet pasižiūrėjus į galaktiką pro teleskopą, taip pat šį bei tą apie ją galima pasakyti, nes galaktikos išvaizda priklauso nuo joje vykstančių procesų. Labiausiai išsiskirianti aktyvios galaktikos sritis yra branduolys, kuris nustelbia visos galaktikos švytėjimą, o neaktyvios galaktikos švytėjimas daug tolydesnis (5 pav.). Rentgeno teleskopu padarytose nuotraukose šis skirtumas dar labiau išryškėja – aktyvus branduolys švyti įspūdingai, o likusi galaktikos dalis šalia jo atrodo blausi. Radijo bangos taip pat atskleidžia savitą galaktikos struktūrą, tik jau kitokią – medžiagos čiurkšlės ir du plazmoidai abiejose galaktikos pusėse yra ryškus vykstančio arba neseniai vykusio aktyvumo požymis. Beje, tik maždaug dešimties procentų aktyvių galaktikų centrinės sritys stipriai švyti radijo bangų diapazone.

Neturint tokių teleskopų, užtenka galaktikos branduolio spindesį išmatuoti pro tris filtrus (pavyzdžiui, U, B ir V), kad atpažintume didelę dalį aktyvių galaktikų. Aktyvios galaktikos spinduliuoja daug ultravioletinės šviesos. Tai reiškia, kad jų spalva yra gerokai melsvesnė nei žvaigždžių ar kitų galaktikų.

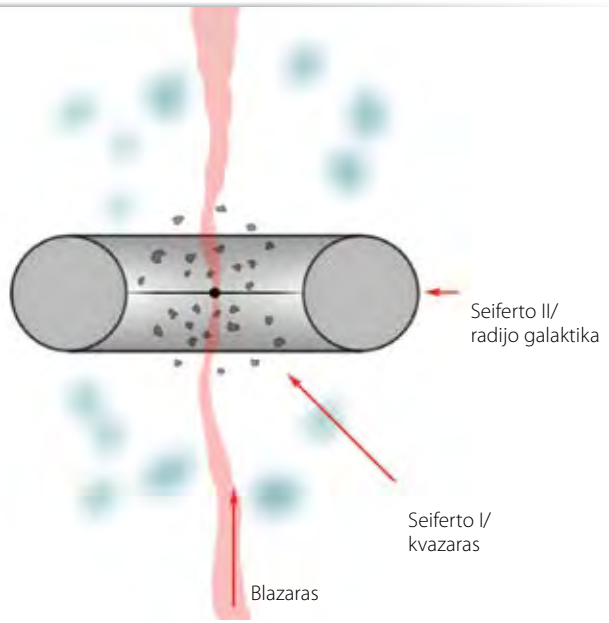
Dar daugiau požymių išryškėja tyrinėjant aktyvių galaktikų spektrus. Tik juose galime pamatyti plačias įvairių cheminių elementų – vandenilio, anglies, magnio, silicio – spektro linijas (jas sukuria spinduliuotė, sklindanti iš BLR). O didelio intensyvumo geležies linijos rentgeno spindulių spektre irgi rodo juodąsias skyles, tiksliau sakant, jų akrecinius diskus. Dar aktyvių galaktikų branduolių spektre aptinkamos siauros linijos, dažniausiai azoto ir deguonies (spinduliuotė, sklindanti iš NLR).

Spektrų tyrimai ir kuriami modeliai davė vaisių – buvo atrasti įvairūs sąryšiai tarp linijų stiprio ar pločio ir kitų, tiesiogiai neišmatuojamų, galaktikos branduolio parametrų. Jau minėtas BLR dydžio nustatymo metodas pagal galaktikos branduolio spektro kitimo pobūdį. Taip pat paaiškėjo, kad BLR dydis koreliuoja su branduolio ištisinio spektro intensyvumu ties maždaug 500 nm bangos ilgiu (Kaspi sąryšis; Kaspi et al. 2005), o juodosios skylės masė su galaktikos centrinio telkinio mase (Magorrian et al. 1998).

Galiausiai, buvusio galaktikos aktyvumo pėdsakai išlieka ilgai ir po centrinės juodosios skylės „išsijungimo“, t. y. kai daugeliu kitų požymių galaktika yra visiškai „nor-

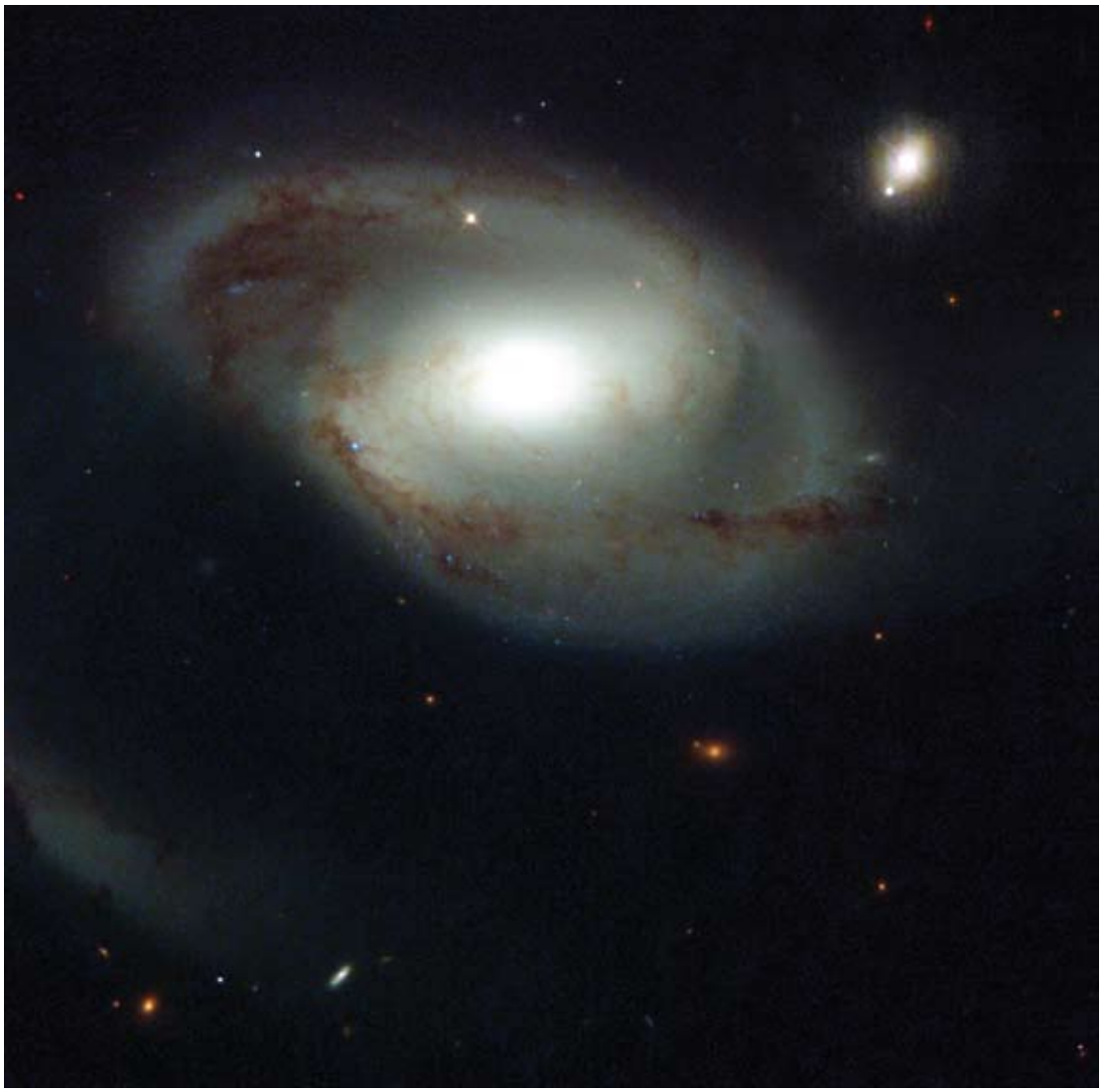


3 pav. Aktyvaus galaktikos branduolio sandara (mastelis neišlaikytas).



4 pav. Nuo krypties, kuria žiūrime į aktyvią galaktiką, priklauso ir tai, ką matome. Ilgą laiką buvo manoma, jog tai – visiškai skirtingų objektų vaizdai.

2–4 pav. parengė Kastytis Zubovas



NASA ir The Hubble Heritage Team (STScI/AURA) nuotrauka

5 pav. Dvi galaktikos atsitiktinai matomos viena šalia kitos – spiralinė NGC 4319 (centre) ir kvazaras Mrk 205 (dešinėje viršuje). NGC 4319 nuotolis nuo Žemės – 25 Mpc, o Mrk 205 yra daug toliau – 340 Mpc. Nors NGC 4319 galaktikos centrinė sritis ir yra šviesesnė už pakraščius, tačiau kvazaro branduolio šviesa visiškai nustelbia savos galaktikos spinduliuotę.

mali“. Jau minėjau čiurkšles, nuo pat juodosios skylės nusidriekusias iki galaktikos pakraščių ir suformuojančias radijo bangas spinduliuojančius plazmoidus. Pačios čiurkšlės pranyksta gana greitai pasibaigus aktyvumo periodui, bet plazmoidai išlieka dešimtis ar net šimtus milijonų metų.

Kitas ilgai išliekantis pėdsakas – didelis nuo galaktikos centro besiplečiantis burbulas. Į juodąją skylę krintančių dujų spinduliuotė sukelia vėją, pučiantį nuo branduolio visomis kryptimis daugmaž vienodai. Šis vėjas, sąveikaudamas su galaktikos dujomis, išpučia burbulą, kuris plečiasi dešimtis kartų ilgiau, nei trunka galaktikos aktyvumas (King et al. 2011). Arti juodosios skylės burbulo kinetinės energijos pakanka, kad iš centro išstumtų didžiąją dalį dujų ir atimtų juodosios skylės „maistą“ bei sustabdytų jos augimą ir aktyvumą. Tolimesnės burbulo sritys plėsdamosi gali išstumti dujas bei sustabdyti žvaigždėdarą ir didesnėje galaktikos dalyje (Power et al. 2011). Neseniai mūsų Galaktikoje aptikti gama spindulius skleidžiantys burbulai greičiausiai yra būtent tokio vėjo, „pūtusio“ prieš keletą milijonų metų, padariniai (Zubovas et al. 2011).

Taigi, yra ne vienas ir ne du aktyvių galaktikų tyrimo būdai. Tyrinėdami daugybę galaktikų, mokslininkai nustato, kiek galaktikų iš tiriamųjų yra aktyvios, kuo skiriasi aktyvios ir neaktyvios galaktikos, kaip jų aktyvumas kito įvairiais Visatos gyvavimo tarpsniais ir dar daug kitų įdomių savybių. Aktyvumas – tik vienas iš požymių, kuriuo skiriasi galaktikos. Bet jis labai svarbus, nes aktyvumo periodai turi didžiulės įtakos galaktikų, taigi ir Visatos, evoliucijai. Tiriant aktyvius branduolius geriau suprantami ypač didelės energijos procesai, reliatyvistinė dujų dinamika, spinduliuotės mechanizmai.

Daugybė stebėjimų programų pateikia tiek duomenų apie galaktikas, kad viso pasaulio mokslininkai nespėja jų analizuoti. Galimybė jomis pasinaudoti kiekvienam, turinčiam kompiuterį ir internetą, suteikia galimybę pačiam padaryti atradimą, galbūt visiškai naują ir netikėtą. Šiandieninė astrofizika darosi kiek panaši į XIX amžiaus mokslą, kai kone kiekvienas apsišvietęs žmogus galėjo atrasti ką nors fundamentalaus vien dėl to, kad tada nežinota labai daug elementarių dalykų apie mus supantį pasaulį. Vėliau tokių galimybių sumažėjo,

nes mokslas ėmė skverbtis į labai mažus ar į labai tolimus pasaulius, o tam reikalingi labai sudėtingi metodai ir aparatūra. Bet dabarties technologijos leidžia stebėjimų duomenis pateikti tiesiai į jūsų kompiuterį, taigi belieka juos apdoroti. O šio proceso rezultatai priklauso jau beveik vien tik nuo prie kompiuterio sėdinčiojo kūrybingumo, gabumų ir žinių. Taigi atradėju gali tapti ir tu!

Atraskite savo galaktiką

Gali pasirodyti, jog atrasti ir tyrinėti aktyvią galaktiką – labai sudėtinga užduotis. Galbūt, norint atrasti ką nors naujo, dar niekam nematyto, ir tektų ilgus mėnesius knaisiojantis po duomenų bazes peržiūrėti tūkstančius spektrų ir nuotraukų. Tačiau surasti vieną kitą „normalią“ aktyvią galaktiką ir apskaičiuoti kai kuriuos jų parametrus visai paprasta.

Šiais laikais didelė dalis astronominių stebėjimų atliekama pusiau automatiškai ir dažnai – kosmose skriejančiais teleskopais. Pavyzdžiui, aktyvių galaktikų paieškai puikiai tinka Slouno skaitmeninė dangaus apžvalga regimojoje spektro srityje – *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) ir XMM-Newton rentgeno spindulių dangaus apžvalga 2XMMp. Pirmosios programos stebėjimai atliekami Apači Pointo observatorijos (*Apache Point Observatory*) 2,5 m skersmens teleskopu, o antrosios – XMM-Newton kosminiu teleskopu. Abiejų programų duomenys yra laisvai prieinami (www.sdss3.org/dr8 ir http://xmmssc-www.star.le.ac.uk/Catalogue), taigi juos nagrinėti gali visi norintys.

SDSS objektų duomenys yra suskirstyti į dvi grupes pagal išvaizdą: taškiniai šviesuliai yra žvaigždės (nors tai gali būti ir labai tolimi kvazarai), o išplitę – galaktikos. Pasižvalgius į keletą galaktikų vien pagal labai šviesų branduolį galima aptikti ir vieną kitą aktyvią. Tačiau daug lengviau jas aptikti surinkus keletą tūkstančių galaktikų (viskas automatizuota, taigi po vieną rankioti nereikės!) ir pagal jų koordinates paieškojus atitikmenų 2XMMp duomenų kataloge. Maždaug 10 procentų SDSS galaktikų turėtų būti ryškios ir rentgeno spindulių diapazone: tai – jūsų ką tik atrastos aktyvios galaktikos. Tiesa, reikia atsiminti, kad kai kurie sutapimai gali būti atsitiktiniai, todėl reikia įvertinti, kiek tokių klaidų gali būti. Tą įmanoma padaryti automatizuotai, patyrinėjus SDSS ir 2XMMp objektų koordinačių skirtumų skirstinį: didėjant koordinačių skirtumui tikrų sutapimų skaičius sparčiai mažėja.

Aktyvių galaktikų galima atrasti naudojantis vien SDSS duomenimis. Tam reikia pasinaudoti fotometrine informacija, kuri pateikiama duomenų bazėje beveik visiems identifikuotiems objektams. Už karščiausias žvaigždes melsvesnes galaktikas galima gana patikimai priskirti prie aktyvių. SDSS naudojama fotometrinė sistema – u, g, r, i, z (filtrai išrikiuoti nuo trumpiausio iki ilgiausio bangos ilgio). Ji puikiai apibūdina objektų spalvas – aktyvių galaktikų spalvos rodiklis u–g yra neigiamas.

Kai kurie SDSS objektai turi ir spektroskopinius duomenis. Juos taip pat galima atsisiųsti ir apdoroti automatizuotai; pavyzdžiui, nustatyti vandenilio beta (λ = 486 nm), tris kartus jonizuotos anglies (λ = 155 nm) arba jonizuoto magnio (λ = 280 nm) emisijos linijų plotį, kurį padalijus iš linijos bangos ilgio galima nustatyti spinduliuotę skleidžiančių dujų judėjimo ir šviesos greičio santykį. Jei greitis viršija porą tūkstančių km/s, o linijos yra stiprios – spinduliuotė beveik neabejotinai sklinda iš aktyvaus galaktikos branduolio. Pasinaudojus Kaspi sąryšiu galima nustatyti ir BLR dydį, o žinant jos dydį ir sukimosi greitį nesunku apskaičiuoti net ir juodosios skylės masę.

Štai taip, naudojantis vien tik viešai prieinamais duomenimis, galima ir aktyvią galaktiką rasti, ir kai kuriais atvejais apskaičiuoti jos centrinio objekto masę. Visai neblogai, ar ne? Ir tai tik vienas iš daugelio galimų tyrimų, kuriuos galima įgyvendinti naudojantis SDSS duomenimis; daugiau patarimų rasite tinklalapyje: http://cas.sdss.org/dr7/en/proj.

Žinoma, SDSS nėra vienintelė vieta, kur galima rasti galaktikų duomenų ir juos tyrinėti. Daugelis didelių stebėjimų programų pateikia duomenis visiems norintiems. Pavyzdžiui, naudojantis Spicerio (*Spitzer*) infraraudonųjų spindulių kosminio teleskopo (http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/Spitzer/Spitzer) duomenimis galima tyrinėti galaktikas ilgųjų bangų srityje, kur daugiausiai spinduliuoja tarpžvaigždinė medžiaga ir aktyvios galaktikos. Iš šių duomenų galima nustatyti galaktikų aktyvumo lygį ir jais papildyti turimus SDSS duomenis.

Galaktikų tyrimų programos ultravioletiniame diapazone *GalEx* (http://galex.stsci.edu/GR6) duomenys taip pat prieinami visiems. Nors projektas skirtas tyrinėti žvaigždėdarai galaktikose, bet šis reiškinys yra susijęs su galaktikų aktyvumu, taigi įmanoma atrasti visokių įdomių dalykų ir ultravioletinių spindulių ruože padarytose nuotraukose ar išmatuotuose spektruose.

Gama spindulių teleskopas *Fermi* žvelgia į keletą blazarų – tokių aktyvių galaktikų, kurios, manoma, tiesiai į mus spjauna savo čiurkšles. Šie stebėjimų duomenys (http://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/access) gali padėti atrasti naujų su šiais milžiniškos energijos objektais susijusių reiškinių.

Galų gale, jei nesinori aiškintis, kaip veikia įvairios duomenų bazės ir daryti ilgas išsamias analizes, yra *Galaxy Zoo* projektas (www.galaxyzoo.org), dabar jau išplitęs į visą *Zooniverse* tinklą. Visi norintys gali padėti mokslininkams klasifikuoti galaktikas. Tam nereikia jokių ypatingų žinių, tačiau galima daug sužinoti apie galaktikas ir jų savybes ar netgi atrasti savąją.

Literatūra

Alexander T. 2005, Stellar processes near the massive black hole in the Galactic center. *Physics Reports*, 419, 65; http://arxiv.org/abs/astro-ph/0508106

Kaspi S. et al. 2005, The Relationship between Luminosity and Broad-Line Region Size in Active Galactic Nuclei. *Astrophysical Journal*, 629, 61; http://arxiv.org/abs/astro-ph/0504484

King A., Zubovas K., Power C. 2011, Large-Scale Outflows in Galaxies. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, spaudoje; http://arxiv.org/abs/1104.3682

Magorrian J. et al. 1998, The Demography of Massive Dark Objects in Galaxy Centers. *Astronomical Journal*, 115, 2285; http://iopscience.iop.org/1538-3881/115/6/2285

Power C., Zubovas K., Nayakshin S., King A. 2011, Self-Regulated Star Formation and the Black Hole-Galaxy Bulge Relation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 413, 110; http://arxiv.org/abs/1103.1702

Shakura N. I., Sunyaev R. A. 1973, Black Holes in Binary Systems. Observational Appearance. *Astronomy & Astrophysics*, 24, 337; http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-data_query?bibcode=1973A%26A....24..337S&db_key=AST&link_type=ARTICLE

Soltan A. 1982, Masses of Quasars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 200, 115–122.

Tanaka Y. et al. 1995, Gravitationally Redshifted Emission Implying an Accretion Disk and Massive Black Hole in the Active Galaxy MCG-6-30-15. *Nature*, 375, 659–661.

Zubovas K., King A., Nayakshin S. 2011, The Milky Way's Fermi Bubbles: Echoes of the Last Quasar Outburst? *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, spaudoje; http://arxiv.org/abs/1104.5443

Augalų cheminiai ginklai

Vincas Būda

Turbūt baisiausias visų laikų žmonijos išradimas – masinio naikinimo ginklas. Viena jo rūšių – cheminis ginklas – naikina ir karius, ir civilius, priešus ir netgi (ne kartą) savuosius. Tarptautiniai susitarimai šio ginklo naudojimą griežtai smerkia (viso civilizuoto pasaulio vardu), riboja jo naudojimą, tačiau iki šiol šis ginklas tebėra armijų arsenaluose. Beje, cheminį ginklą išrado ne žmonės. Jis buvo dar tada, kai ne tik žmogaus (*Homo sapiens*), bet ir jo gauruotųjų protėvių Žemėje nebuvo nė kvapo. Jau tada cheminį ginklą naudojo... augalai!

Vincas Būda, habilituotas gamtos mokslų daktaras, Vilniaus universiteto Gamtos mokslų fakulteto Ekologijos ir aplinkotyros centro profesorius, Gamtos tyrimų centro Ekologijos instituto Cheminės ekologijos ir elgsenos laboratorijos vadovas. Mokslinių tyrimų sritys – cheminė ekologija, feromonai, tyrimų objektai – nuo vabzdžių ir augalų iki žinduolių. Lietuvos mokslų akademijos narys ekspertas, Lietuvos mokslo premijos laureatas.

Kam augalams reikalingi tokie ginklai? Kai žvelgi į ramiai ošiantį mišką, žaliuojančią pievą, tyliai siūbuojančias nendres, į galvą nešauna mintis apie jų turimus ginklus, slaptas kovas ir karą. Tačiau tie ginklai yra. Ir karas, kurio kartais nemato net pastabios gamtininko akys, vyksta. Daugiau apie tai išmano ekologai, tiriantys (ne tik stebintys) organizmų tarpusavio sąveiką.

Visi žino, kad pamiškėse augančios avietės ir gervuogės, sodybose – rožės ar laukiniai jų giminaičiai erškėčiai turi daugybę spyglių. Jie padeda apsisaugoti nuo žolėdžių: vargu ar per dygių šakelių tankmę braudamasis žalumynų mėgėjas ryšis skabyti šiaip jau gana patrauklius erškėčių, gervuogių lapelius, ypač tada, kai visai nesunku netoliese susirasti ne tokių „piktų“ augalų. Spygliai – mechaninis ginklas, padedantis apsisaugoti nuo žolėdžių. Daugybė augalų jų neturi, tačiau nėra bejėgiai. Kai kurie ginasi ne mažiau veiksmingais (ar net veiksmingesniais už mechaninius ginklus) cheminiais ginklais.

Almos Kerpauskienės nuotrauka

Jaunojo tyrėjo nuotrauka

Gervuogėms nuo žolėdžių padeda apsisaugoti spygliai

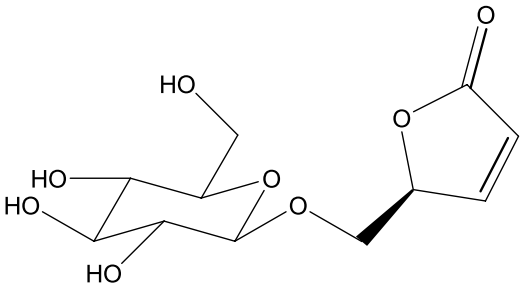
Erškėčių mechaninis ginklas – spygliai

Toksinai

Štai keletas pavyzdžių. Ganydamiesi pievose arkliai ir karvės palieka nenuėstus kuokštus žolių su geltonai žydinčiais vėdrynais (lot. *Ranunculus*). Šiuos augalus nuo žolėdžių puikiai apsaugo glikozidas[1] ranunkulinas, nes vos pažeidus augalą ar jį suėdus ir pradėjus skaidyti virškinimo fermentams susidaro nuodas – protoanemoninas. O paprastojo žalčialunkio (*Daphne mezereum*) sultingos žievės net didžiausio bado žiemą spaudžiami kiškiai negraužia. Šis augalas ginasi nuo žolėdžių dafnetoksinu, kurio ypač gausu jo uogose ir šakelėse.

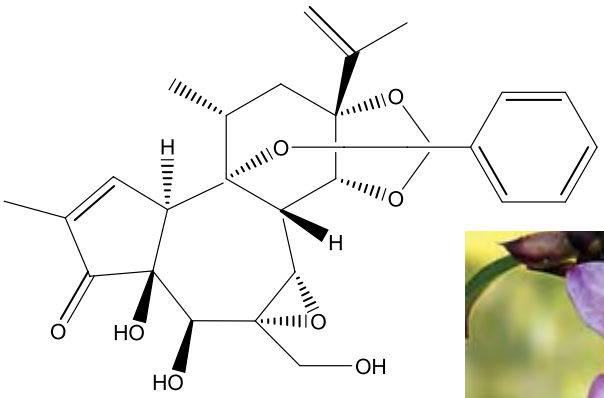
Lietuvoje darželiuose dažnai auginama, o pietinėje Vakarų Europoje savaime auga aukštais žiedynais puošni paprastoji rusmenė (*Digitalis purpurea*). Jos žiedai ir lapai turi digitoksino – ir mirtino nuodo, ir vaisto (priklauso nuo kiekio), naudojamo širdies ligoms ir epilepsijai gydyti. Bepigu rusmenei puošniais žiedais didžiuotis, kai niekas į juos nesikėsina, – ją suėdę žolėdžiai gauna nuodų dozę, kurios užtenka širdies veiklai sutrikdyti. Mirtinai pavojingi junginiai iš pradžių sukelia pykinimą, vėmimą, haliucinacijas, traukulius, o vėliau – ir mirtį!..

Cheminėmis priemonėmis augalai saugo ne tik savo lapus, stiebus ar žiedus, bet ir augimui reikalingą žemės lopinėlį. Jau seniai buvo įtarta, kad augalai į aplinką (dažniausiai – tiesiai į dirvą, kurioje auga) išskiria aktyviųjų medžiagų. Dar antikos laikais graikų mąstytojai aprašė pastebėjimus (kurie dabar atrodo pernelyg aptakūs, tarsi niekuo nepagrįsti), o nuo XIX amžiaus antrosios pusės tokių stebėjimų, jau patvirtintų ir šiokiais tokiais bandymais, ėmė daugėti. Pirmiausia stebėta, ar ilgai išsilaiko nuskinti ir pamerkti augalai. Kai dar nebuvo specializuotos mokslo spaudos, mokslininkai vieni kitiems naujienas pranešdavo tik susirašinėdami laiškais. Tais laikais vaistininkas Ž. F. Makeras (J. F. Macaire) laiške prancūzų augalų fiziologui O. de Kandoliui (A. de Candolle) aprašė savo stebėjimus, kuriuos šis paskelbė XIX amžiaus pradžioje Paryžiuje išleistoje knygoje „Augalų fiziologija“[2]. Stebėjimų esmė tokia: į vandenį pamerktai pupelei „nepatinka“ prieš tai jame mirkusios pupelės paliktos išskyros, o kviečiui jos – nė motais... Šios išskyros – ne kas kita kaip cheminiai junginiai.



Vėdrynus nuo žolėdžių puikiai apsaugo ranunkulinas

Jaunojo tyrėjo nuotrauka



Almos Kerpauskienės nuotrauka

Paprastojo žalčialunkio šakelėse ir uogose gausu dafnetoksino

Tikriausiai esate girdėję patarimų, kurias skintas gėles galima merkti kartu, o kurios kitų „nemėgsta“.

Kur kas svarbesnis kitas senas pastebėjimas: ilgai auginti toje pačioje dirvoje tos pačios rūšies augalus neverta, nes ima mažėti derlius. Sakoma, kad dirva nuvargsta. Dirvos nuovargio išvengti padeda sėjomaina – augalų kultūrų rotacija. Ilgai buvo manoma, kad dirva nuvargsta, nes augalai išnaudoja augimui labai svarbias medžiagas, pavyzdžiui, tam tikrus mikroelementus. Tačiau šiuolaikiniai išsamūs tyrimai rodo, kad augalams augti reikiamų medžiagų gali būti pakankamai, tačiau be sėjomainos jie vis tiek gerai neauga. Nustatyta ir to priežastis – sutrikęs medžiagų pasisavinimas iš dirvos dėl prieš tai joje augusių augalų išskyrų – tyčia ar netyčia paliktų cheminių ginklų. Pavyzdžiui, ilgai toje pačioje vietoje auginami cukriniai runkeliai ima skursti dėl vieno normaliam augimui reikalingo mikroelemento trūkumo, nors dirvoje to mikroelemento gali būti užtektinai. Būtent jo pasisavinimą sutrikdo cukrinių runkelių į dirvą išskirtos medžiagos.

[1] Glikozidai – ciklinių penkianarių ir šešianarių angliavandenių ir fenolių, rūgščių, alkoholių ir kt. junginių dariniai.

[2] de Candolle A., *Physiologie Végétale, ou Exposition des Forces et des Fonctions Vitales des Végétaux, pour servir de suite à l'Organographie Végétale, et d'introduction à la Botanique Géographique et Agricole*, Paris, Béchet Jeune, 1832.

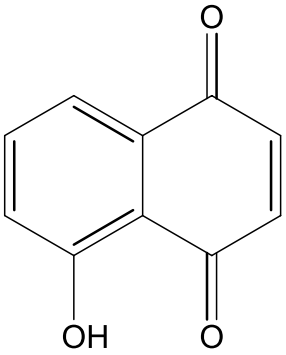
Kolinai

Į aplinką augalų išskirtos cheminės medžiagos, kurios veikia kitus tos pačios ar kitos rūšies augalus, vadinamos kolinais. Pastaraisiais metais apie kolinus sužinoma vis daugiau. Vienas pirmųjų kolinų, kuris buvo ne tik išskirtas, bet ir kurio struktūra buvo nustatyta, – tai juodojo riešutmedžio junginys juglonas (pavadinimas kilo iš riešutmedžio lotyniškojo pavadinimo – *Juglans*). Juglonas – nesudėtingas ciklinis junginys, sudarytas iš anglies, vandenilio ir deguonies ($C_{10}H_6O_3$). Jis buvo išskirtas iš riešutmedžio šaknų išplitimo vietos paimto dirvos mėginio. Šiuo junginiu susidomėta pastebėjus, kad ne tik po pačiais riešutmedžiais, bet ir tolėliau nuo jų neauga arba gana prastai auga daugelis kultūrinių augalų. Nesudėtingais bandymais buvo nustatyta, kad augimo slopinimas susijęs būtent su riešutmedžio šaknų zona, ir netrukus buvo aptiktas kaltininkas – juglonas. Sintetinis juglonas veikia kaip ir gamtinis – turi herbicidams būdingų savybių.

Ruginio vikio (*Vicia villosa*) alelopatinį[3] aktyvumą tyrę Japonijos mokslininkai 2003 metais paskelbė, kad šis augalas į dirvą išskiria kitų augalų augimą slopinantį junginį – cianamidą (H_2NCN). Jį specialistai jau seniai ir labai gerai žino. Pirmą kartą jis buvo susintetintas prieš šimtmetį, o dabar gaminamas pramoniniu būdu kaip herbicidas, kuris kartu yra ir trąša (dėl jo sudėtyje esančio azoto, kurio augalams labai dažnai trūksta)... Taigi, žmonės ne taip seniai atrado ir kai kurias nepageidaujamas žoles ėmė naikinti sintetiniu herbicidu, o augalai šį herbicidą jau labai seniai naudoja! Todėl iš nuodėmingais laikomų žmogaus sukurtų pesticidų (herbicidai – vieni pesticidų) cianamidą reikia perkelti į garbingą gamtinių biologiškai aktyvių medžiagų sąrašą.

Pravartu žinoti, kad daugelis daržo piktžolių taip pat yra cheminio ginklo šalininkės. Ne veltui jos pavadintos piktomis žolėmis! Štai daugiametė ilgais baltais nariuotais šakniastiebiais piktžolė – paprastasis varputis (*Agropyron trepens*), taip pat dirvinė usnis (*Cirsium arvense*), dirvinė karpažolė (*Euphorbia helioscopia*), lininė judra (*Camelina linicola*) ir daugelis kitų slopina greta augančių kultūrinių augalų augimą. Toli gražu ne visų piktžolių išskiriami kolinai žinomi, bet poveikiu vargu ar reikia abejoti, nes akivaizdu: kur daug piktžolių – derlius menkas (kol kas daugiau žinoma apie piktžolių ir kultūrinių augalų konkurenciją dėl maisto medžiagų, o žinios apie kolinų poveikį tebėra „įslaptintos“, kaip ir dera cheminiam ginklui).

[3] Alelopatija – augalų, grybų ar mikroorganizmų išskiriamų biologiškai aktyvių medžiagų poveikis kitiems organizmams.



Juodojo riešutmedžio cheminis ginklas – juglonas

Ruginis vikis į dirvą išskiria kitų augalų augimą slopinantį junginį – cianamidą

Vaclovo Krutinio nuotrauka

Autotoksikacija

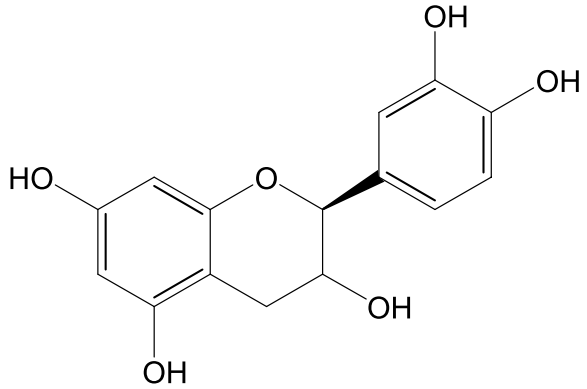
Ar teko kada nors matyti laukinę obelį ir ragauti jos vaisių? Rudenį jie nepaprastai rūgštūs, todėl nedaugelis ryžtasi juos graužti. Nelengva laukinei obeliai savo sėklas išplatinti: jos neturi sparnų kaip klevo sėklos, nėra tokios kibios kaip varnalėšos, o obuoliai nėra tokie skanūs kaip putino uogos... Tik vienas kitas kieno nors su visomis sėklomis suvalgytas ar suėstas obuolys keliauja toliau nuo motininio augalo. Todėl netoliese nukritę rūgštieji obuoliukai sulaukia pavasario, nemaža dalis čia pat ir supūva. Tada sėklos patenka į dirvą, ir galėtų sudygti. Tačiau ar matėte po laukine obelimi visą mišką jaunų obelaičių? Juk taip turėtų būti, jei supuvus obuoliams likusios sveikos sėklos imtų ir sudygtų. Tiktai iš to nei motininiam augalui, nei sudygusioms obelaitėms didelės naudos tikrai nebūtų – tektų varžytis tarpusavyje. Kad taip neatsitiktų, motininis augalas „pasirūpina“ iš anksto: į dirvą išskiria cheminių junginių, slopinančių obels sėklų dygimą ir jaunų obelaičių augimą. Tai ir yra autotoksikacija (saviškių nuodijimas).

Kartais dėl autotoksikacijos nebegali augti ir pats toksinus išskiriantis augalas. Tada jam geriau keltis į kitą vietą, tačiau tai daryti gali tik besidriekiantys ar iš šaknų atželiantys augalai, pavyzdžiui, miške augantys pataisai, daržuose auginamos braškės. Autotoksikacijos padarinius nesunku pastebėti ir tarp grybų. Kai kurios jų rūšys neretai sudaro grybų ratus, kurie kadaise laikyti labai paslaptingais, net manyta, kad tai raganų ar laumių ženklai. Dabar žinoma, kad tai autotoksikacijos pasekmė: kadaise iš atneštos sporos išaugęs grybas ilgainiui apnuodijo dirvą aplink save. Toksino nepaveikti liko tik grybienos pakraštėliai, todėl grybui nieko kito neliko – tik keltis į pakraščius ir taip plisti ratu...

Su augalų cheminės ginkluotės dalimi – kolinais – susipažinome. Tačiau kaip, kada ir prieš ką ji gali būti veiksmingai naudojama, ne visada akivaizdu, kaip gali pasirodyti iš pirmo žvilgsnio. Ne visada paprasta įsitikinti, kad augalų turimi cheminiai ginklai sėkmingai naudojami. Labai svarbu įrodyti jų poveikį ne tik laboratorijose atliekamais bandymais, bet ir pastebėti jį gamtoje. Antraip pažinsime ginklus, bet nieko nesužinosime apie mūšius, kuriuose tie ginklai žvanga.

Vaclovo Krutinio nuotrauka

Dėl autotoksikacijos pataisai priversti keltis į kitą vietą



Į dirvą (–)-katechiną išskiria bajorių šaknys

Ginkluotė, tinkanti Amerikai užkariauti

Daugiau apie gamtoje vykstančias alelopatines sąveikas sužinota Amerikoje įsikūrus dviem invazinėms augalų rūšims, paplitusioms Europoje ir Mažojoje Azijoje, – gražiai žydinčioms bajorėms *Centaurea maculosa* ir *Centaurea diffusa* (pastaroji auga ir Lietuvos smėlynuose bei dirvonuose ir vadinama šakotąja bajore). Šios rūšys atkeliavo į Šiaurės Ameriką ir sėkmingai išplito JAV bei Kanados pievose. Kai kur jos sudarė beveik ištisas vien bajorių augavietes, kurios nei gyvuliams ganyti, nei šienauti netinka, – tokios žolės ar šieno gyvuliai ėsti nenori. Pusę amžiaus buvo žinoma, kad šios rūšys gali turėti alelopatinių savybių, tačiau tik joms „nukariavus“ Ameriką, tuo labai rimtai susidomėta.

Pirmiausia (apie 2000–2002 metus) amerikiečiai atlikę bandymus įsitikino, kad šakotoji bajorė labiau veikia greta augančias vietines žoles nei kilusias iš Europos (šios labiau prisitaikė augti kaimynystėje su gentainėmis iš Europos). Bajorės slopino vietinių žolių augimą ir sumažino pastarųjų masę 85 %, o iš Europos kilusių žolių – tik 50 %. Tai buvo pirmieji tyrimai, parodę, jog svetimkraščiai augalai, patekę į naują, jiems nebūdingą, bet augti tinkamą aplinką, gali sėkmingai konkuruoti su vietinėmis rūšimis naudodami vietinėse bendrijose iki tol nematytus negirdėtus (nes lig tol nenaudotus), todėl labai veiksmingus ginklus – chemines medžiagas. Netrukus buvo išskirta ir identifikuota aktyvioji medžiaga – katechinas. Jis gali būti skirtingos konfigūracijos – turi kelis optinius izomerus, tačiau veiklus tik (–)-katechinas. Į dirvą šį junginį išskiria bajorių šaknys. Buvo atlikti bandymai su augalais – laistomi vandeniu su katechino priemaiša augalai žūsta per porą savaičių. Tad katechinas priskiriamas prie plataus spektro (veikia daugelio rūšių žolinius augalus) herbicidų. Šį herbicidą išskiriantys augalai lengvai įsitvirtina naujose žolinių augalų bendrijose – neabejojama, kad jis susijęs su bajorių invazyvumu.

Fitoncidai

Yra dar viena cheminių ginklų grupė – labai įvairi ginkluotė, dėl kurios buvimo ir panaudojimo abejonių nekyla. Tai – fitoncidai. Šis cheminis ginklas skirtas kovai su mikroorganizmais, kurių yra daug ir labai įvairių, todėl nenuostabu, kad ir ši ginkluotė labai įvairi.

Kodėl nuo peršalimo, gripo ar kosulio geriame aviečių, liepžiedžių, debesylų ir kitas arbatas? Todėl, kad jos padeda nugalėti mus užpuolusias bakterijas ir virusus. Iš kur augalai turi natūralių vaistų? Ar juos sintetina specialiai mums? Tikrai ne! Sintetina tik savo reikmėms, o žmonės jau labai seniai pastebėjo šias augalų „vaistines“ ir išmoko prireikus jomis pasinaudoti.

Gerai žinome, kad vienas pradinių kiekvieno žaliojo augalo fotosintezės produktų – gliukozė. Iš jos augalai gamina daugybę kitų junginių, ir juos reikia ne tik pagaminti, bet ir tinkamai apsaugoti, antraip visa gamyba greitai sustotų. Be patikimos apsaugos žali medžių lapai ilgai nežaliuotų – pasidengtų pelėsiniais grybais, imtų rūgti įsiveisus mielėms, pūti veikiant bakterijoms ir kt. Todėl augalai nemažai energijos sunaudoja apsaugai nuo visų tokių galimų nedraugų. Kad apsigintų nuo daugybės mažųjų priešų – mikroorganizmų, augalai gamina cheminius junginius, kurie įsibrovėliams negailestingi: ardo jų ląstelių sieneles, stabdo baltymų sintezę, trikdo genetinį aparatą, neleidžia normaliai daugintis ir galiausiai nužudo. Jie vadinami fitoncidais (gr. *phyton* – augalas + lot. *caedo* – žudau). Šie cheminiai ginklai ypatingi – jie stipriai veikia mikroorganizmų ląsteles (tokia jų tikroji paskirtis), bet neveikia (nebent silpnai) gyvūnų ląstelių (apsaugai nuo augalėdžių gyvūnų augalai turi visai kitus, specialius ginklus, kuriuos jau minėjome anksčiau).

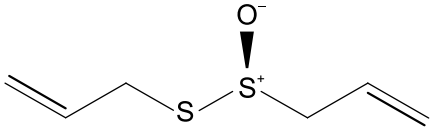
Ar žinote, kokio augalo fitoncidus vartojame vos ne kasdien? Arbatmedžio (*Thea*). Jo lapų antpilai (arbata) neigiamai veikia daugelį bakterijų (pavyzdžiui, *Staphylococcus aureas*, *Enterococcus faecalis*, *Propionibacterium acnes*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*) ir grybelių (pavyzdžiui, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Candida albicans*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton rubrum*). Šios savybės neabejotinai prisidėjo prie arbatos paplitimo visame pasaulyje.

Vieni gausiausiai fitoncidų turinčių augalų – spygliuočiai. Vienas hektaras spygliuočių miško per sezoną (nuo ankstyvo pavasario iki vėlyvo rudens) į orą išskiria apie 5 kg fitoncidų, o toks pat plotas lapuočių – apie 2 kg. Daugiausia fitoncidų išskiria kadagiai – vienas hektaras kadagyno per sezoną išskiria net apie 30 kg fitoncidų! Ne veltui teigiama, jog kai nėra vėjo, kadagyno ore bakterijų yra visai mažai – mažiau nei ligoninių operacinėse, kur oras specialiai sterilizuojamas! Todėl taip gera vaikščioti miške, ypač – pušyne (vien kadagynų nedaug teturime – sunku palyginti). Įkvėpus pušyno oro (pamenate, kaip norisi giliau jo įkvėpti?) fitoncidai dezinfekuoja mūsų plaučius, į kuriuos nuolat patenka bakterijų.

Įdomu, kad daugelis prieskoninių augalų taip pat pasižymi išskirtinėmis fitoncidinėmis savybėmis. Daug fitoncidų išskiria

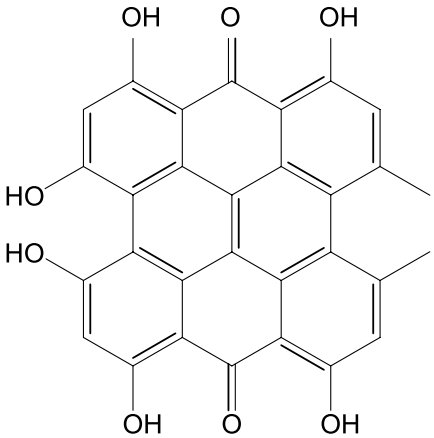
Jaunojo tyrėjo nuotrauka

Vienas hektaras kadagyno nuo ankstyvo pavasario iki vėlyvo rudens išskiria net apie 30 kg fitoncidų



Savitą, ne visiems malonų kvapą česnakui suteikia alicinas

Vacloko Krutinio nuotrauka



Vaistažolė jonažolė turi pigmento hipericino, dėl kurio jos nemėgsta daugelis žolėdžių ir vabzdžių

krapai, melisos, kvapieji bazilikai, rozmarinai ir kiti. Gal ir dėl šių savybių jie tapo prieskoniniais augalais? Juk labai svarbu apsaugoti maistą nuo bakterijų, kuo ilgiau jį išlaikyti šviežią ir tinkamą vartoti. Dar vienas fitoncidų gamybos rekordininkas yra česnakas. Savitą, ne visiems malonų kvapą česnakui suteikia alicinas. Būtent šis junginys pasižymi labai stipriu antibakteriniu ir priešgrybeliniu veikimu. Todėl ne veltui patariama česnako vartoti profilaktiškai, taip pat – persišaldžius ir sirguliuojant. Beje, nė kiek už natūralų česnaką ne prastesnis vaistinėse parduodamas sintetinis alicinas.

Vandens augalai taip pat turi mokėti gintis nuo mažųjų priešų – bakterijų ir grybelių. Vasarą pajūryje dažnai galima pamatyti bangų į krantą išmestą pūslelėmis nusėtą gležną augaliuką – pūslėtąjį guveinį. Pažeistas guveinis ima gaminti junginį, priklausantį florotaninų[4] grupei, kuris apsaugo augalo žaizdas nuo infekcijos. Šio junginio gamyba „brangi“ (eikvojamos medžiagos ir sukaupta energija), todėl pūslėtasis guveinis jį gamina tik tada, kai jį kas nors pažeidžia. Kitas augalas – jūrinis andras (*Zostera marina*) – kad apsigintų, gamina polifenolius. Ir kuo daugiau jų sukaupia, tuo mažiau kenksmingų mikroorganizmų jį puola. Vienas iš andruose rastų polifenolių yra kavos rūgštis, kurios yra ir kavos pupelėse. Tad kava, kaip ir arbata, turi antibakterinių savybių...

Kol kas nepavyko aptikti vandens augalų, kurie kaip jūriniai dumbliai *Gracilaria conferta* ir *Laminaria digitata* gamintų fitoncidą vandenilio peroksidą – tą patį, kuriuo žmonės dezinfekuoja žaizdas! Vandenilio peroksidą šie dumbliai išskiria ne visada – tik juos pažeidus... Manau, neilgai trukus bus aptikti ir vandens augalai, turintys tokį gynybai pritaikytą cheminį arsenalą.

Fotosensibilizatoriai[5]

Kai kurių augalų cheminiai ginklai ypač įmantrūs, juos netgi galima būtų pavadinti ultrašiuolaikiškais. Labai ilgai nebuvo žinoma, kad tokių ginklų yra, o aptikti pavyko tik tada, kai visiškai atsitiktinai buvo pastebėtas fotosensibilizacijos reiškinys. Jo esmė ta, jog yra tokių nenuodingų junginių, kurie, apšviesti saulės šviesos, virsta nuodingais. Šie junginiai taikomi kai kurioms vėžio formoms gydyti: nenuodingas junginys, kaip vaistas patekęs į kraują, išnešiojamas po visą žmogaus organizmą, o tada apšviečiama ta vieta, kurioje yra auglys, ten susidaro nuodingasis junginys, kuris ir sunaikina toje vietoje esančias vėžines ląsteles. Pasirodo, gamta jau seniausiai sukūrė cheminių ginklų, kurių veikimas pagrįstas fotosensibilizacijos reiškiniu. Pavyzdžiui, vaistažolė jonažolė turi pigmento hipericino, dėl kurio šio augalo nemėgsta daugelis žolėdžių, jį vengia graužti netgi vabzdžiai. Fotoaktyvių junginių pasigamina ir darželiuose auginami serenčiai – šviesoje susidarantis alfa-tertienilas naikina ne tik augalams kenksmingus grybus, bet ir nematodus, vabzdžius. Gėlininkai puikiai žino, kad užkasti į dirvą serenčiai ją dezinfekuoja.

Ar visi augalų cheminiai ginklai jau žinomi? Tikrai ne! Daugybė per ilgus tūkstantmečius evoliucijos sukurtų ir kruopščiai atrinktų cheminių junginių dar laukia tyrinėtojų, kuriems įdomus augalų chemijos pasaulis. Jame dar reikia atrasti daugybę ne tik augalams, bet ir žmogui naudingų dalykų.

[4] Florotaninai – augalinės kilmės nedidelės molekulinės masės junginiai, priskiriami prie polifenolių, su taninams būdingomis savybėmis – gebėjimu jungtis prie baltymų ir daugelio kitų molekulių. Šios savybės naudojamos odų, kailių apdirbimui, nes susidariusių junginių beveik neįveikia odų ir kailių gadintojai (skaidytojai) – bakterijos ir grybai.

[5] Medžiagos, padidinančios kitų medžiagų jautrumą šviesai.

Pyridine *N*-oxide Derivatives – Antibacterial and Antifungal Agents

Guoda Radavičiūtė, Vaiva Radavičiūtė

Gymnasium of Kaunas University of Technology, 2010

ABSTRACT

The aim of our study was to evaluate if there is a connection between the structure of pyridine *N*-oxide derivatives and their antibacterial and antifungal activity and to identify the most promising compounds for antibacterial and antifungal agents. All studied compounds showed antifungal and antibacterial activity. The most active compound appears to be JSP-11 which has chlorine substituent in 2-position, methoxy group in 3-position and nitro group in 6-position. The second most active compound is JSP-4; it has a nitro group in 4-position. Antimicrobial activity of these compounds is similar to nowadays clinically used preparations ciclopirox and nitrofural. It was predicted *in silico* that most of the studied compounds should have good pharmacokinetic profile and be only slightly toxic substances. Moreover, the results of the performed cytotoxicity experiments of some of the compounds coincide with the predicted toxicity data well and prove the prognosis results.

SANTRAUKA

Mūsų darbo tikslas buvo ištirti ryšį tarp piridino *N*-oksido darinių struktūros ir jų antimikrobinio aktyvumo bei nustatyti junginius, kurie labiausiai tiktų antibakteriniams ir priešgrybeliniams vaistams gaminti. Nustatyta, kad visi tirti junginiai buvo aktyvūs prieš tirtas bakterijas ir grybelį. Aktyviausias junginys piridino ciklo 2-oje padėtyje turi chloro atomą, 3-ioje padėtyje – metoksigrupę, o 6-oje padėtyje nitrogrupę (JSP-11). Antras pagal aktyvumą junginys yra JSP-4. Jo piridino ciklo 4-oje padėtyje yra nitrogrupė. Šių junginių antimikrobinis aktyvumas yra panašus į jau vartojamų vaistinių preparatų ciklopirokso ir nitrofuralio aktyvumą. Taip pat buvo įvertintos tirtų junginių farmakokinetinės savybės ir toksiškumas *in silico*: prognozuojama, kad dauguma šių junginių pasižymi tinkamomis farmakokinetinėmis savybėmis ir yra nelabai nuodingi. Be to, atlikti kai kurių junginių citotoksiškumo tyrimai patvirtino šias prognozes.

INTRODUCTION

An increasing number of infectious diseases determine the higher need for new and effective antibacterial and antifungal agents. Furthermore, according to the data of World Health Organization (WHO) mortality from infectious and parasitic diseases took 2nd position among all death causes in 2004 [1]. For example, *Staphylococcus aureus* is responsible for about 100 000 deaths every year and *Escherichia coli* produces more than 70 000 infections each year only in the USA [2]. Such a situation encourages scientists to seek for new medicine and possible ways of treating infectious diseases.

Nowadays bacteria are resistant to most natural and synthetic antimicrobial agents. In 2004 more than 70 percent of pathogenic bacteria were resistant to at least one clinically used preparation [2]. This problem has become important since the discovery of penicillin. Resistance of *Staphylococcus aureus* to penicillin increased from 8 to 60 percent during five years after the beginning of penicillin application. Furthermore, the increase of multi-drug resistance is a treat to all approved medicinal anti-infective preparations [3]. It is known that most new drugs reduce the clinical treatment time and are less toxic and produce less side effects in comparison with older ones [3]. These benefits encourage researchers to create new anti-infective medicine.

Recently, the number of immunosuppressed patients has become greater than ever before. The reason of such situation is HIV, which destroys human leucocytes and reduces immunity in this way, organ transplantations, cancer or even stress, etc. [4]. Immunocompromised people get sick with fungal and other infective diseases much more often. Almost 40 percents of all deaths from hospital infections are produced by pathogenic fungi (*Candida*, *Aspergillus*). By 1970 mycoses had been rare diseases and the need for new antifungal drugs was low. Consequently, nowadays a choice of antifungal drugs is very poor and some of them are ineffective or toxic, for example, amphotericin B [4]. Therefore, it is necessary to search for new antifungal compounds.

Aromatic heterocyclic compounds are very important for live organisms [5]. About two thirds of organic compounds belong to this class and they are incorporated in the composition of the most essential substances of cells, such as DNA, RNA, enzymes, and participate in various biochemical processes [5, 6]. Newly synthesized pyridine derivatives are studied as the antimicrobial and antifungal compounds. Furthermore, pyridine *N*-oxides raise a wide interest in pharmacology and are successfully used in a synthesis of alkaloids, psychotherapy drugs and antibiotics, also possess antimicrobial activity [7].

Ciclopirox (Fig. 1a) is a successful example of pyridine derivative that has been applied as a broad-spectrum antifungal and antibacterial agent in clinical practice for more than a decade now [8]. Ciclopirox shows fungistatic and fungicidal activity *in vitro* against dermatophytes, yeasts, dimorphic fungi, eumycetes, actinomycetes, Gram-positive and Gram-negative bacteria. By forming complexes it binds to polyvalent metal cations such as Al^{3+} and Fe^{3+}. As a result it inhibits activity of many enzymes and interrupts cellular activity, for instance, mitochondrial electron transfer and energy production processes. Ciclopirox damages fungal cells by modifying the permeability of plasma membrane [8, 9].

It is known that nitro group in the structure of a great number of compounds is

the key component for antibacterial activity, for instance, nitrofuran derivatives. These derivatives have a broad-spectrum of antimicrobial activity. They remain active against multi-drug resistant pathogens [10]. Some of nitrofuran derivatives, for example, nitrofural (Fig. 1b), are still used for bacterial infections treatment [11].

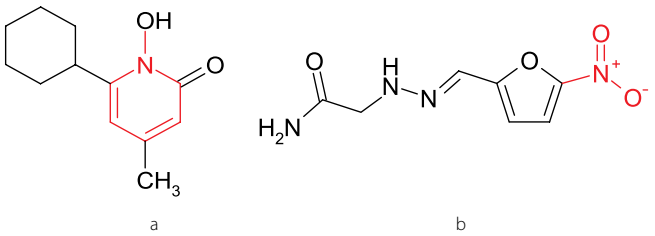


Figure 1. Structural formula of ciclopirox (a) and nitrofural (b).

Previous successful works of scientists in this field encouraged us to evaluate the activity of synthesized pyridine *N*-oxide derivatives and to study if they could be developed into effective antimicrobial agents. The study of the main principles of structure and activity relationship could be useful for further studies of this class. Particularly we were seeking to create more active antimicrobial candidates with lower toxicity and better pharmacokinetic profile.

Aim of the work is to identify the most promising pyridine *N*-oxide derivatives as antibacterial and antifungal agents.

Tasks of the work

1. To evaluate the influence of structure of pyridine *N*-oxide derivatives on their antibacterial and antifungal activity.
2. To evaluate antibacterial and antifungal activity of pyridine *N*-oxide derivatives with the use of Prediction of Activity Spectra for Substances (PASS) software and a serial dilution in agar technique *in vitro*.
3. To evaluate pharmacokinetic properties, toxicity, and drug-likeness of pyridine *N*-oxide derivatives using ADME/Tox Boxes software.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were performed in the Laboratory of Microbiology at Lithuanian University of Health Sciences. Studied compounds (Fig. 2) were synthesized at Vilnius University Institute of Biochemistry.

Prognosis of antibacterial and antifungal activity using PASS software. Prognosis of biological activity spectrum of compounds is necessary in order to choose proper compounds for further research. PASS software is designed for the prognosis of biological activity spectra of new molecules and includes nearly 900 different pharmacological effects and even mechanisms of action. PASS software offers a list of the biological activities together with their probability values (Pa). Pa can be interpreted as follows [12, 13]:

Pa > 0.7 – there is a strong probability that the predicted activity of the compound will be proven experimentally; in most of these cases the structure of compound is very similar to the structure of known pharmaceutical preparations.

0.5 < Pa < 0.7 – probability of a compound to possess biological activity predicted by the software is smaller; the structure of such a compound is less similar to the structure of known pharmaceutical preparations.

Pa < 0.5 – in this case a probability to prove experimentally the pharmacological activity of the compound predicted by the software is quite low; the compound is only marginally similar to the compounds available in the database.

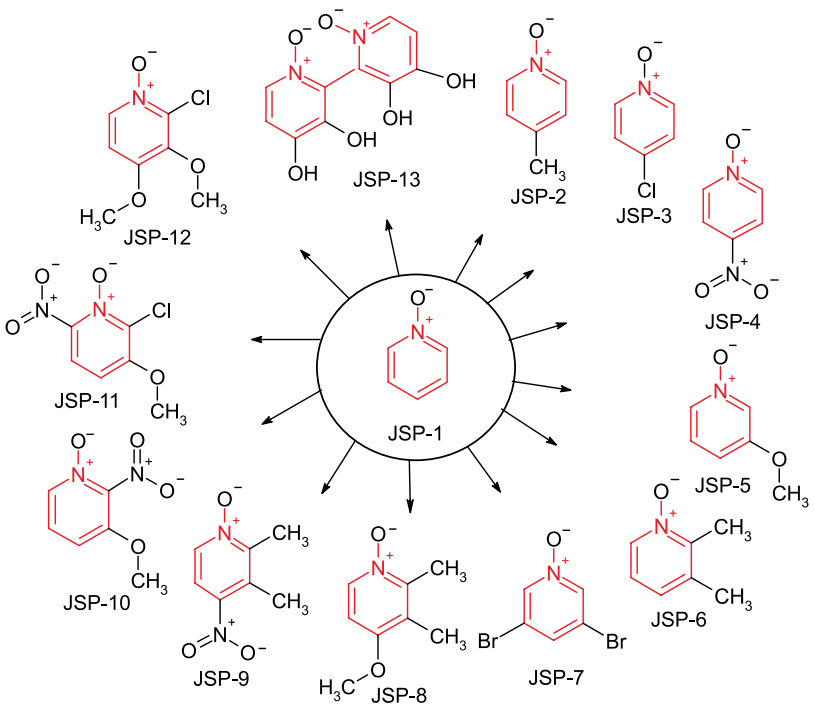


Figure 2. Structural formulas of the studied pyridine *N*-oxide derivatives.

Microbiological experiments *in vitro*. Microbiological experiments *in vitro* were used for the study of biological activity of the synthesized compounds. The following standard bacterial and fungal cultures were employed (Fig. 3):

- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923
- *Enterococcus faecalis* ATCC 29212
- *Escherichia coli* ATCC 25922
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853
- *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33499
- *Proteus mirabilis* ATCC 12459
- *Bacillus subtillis* ATCC 6633
- *Bacillus cereus* ATCC 8035
- *Candida albicans* ATCC 60193

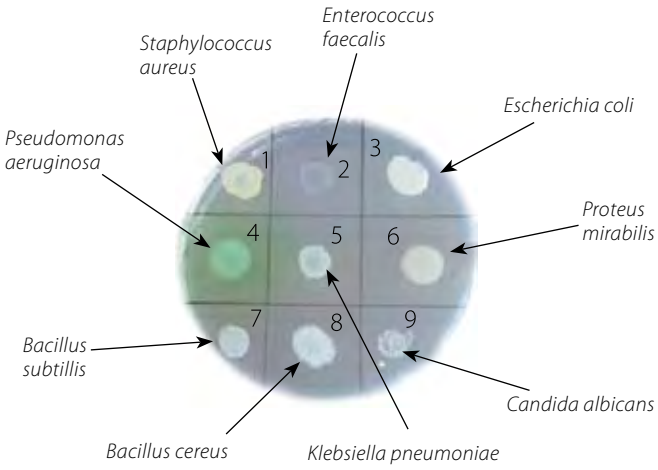


Figure 3. The growth of microorganisms on agar medium (without the compounds under study).

These bacterial and fungal strains were cultivated in 5 ml test-tubes on triptose-soya agar. Every 7 days they were transferred into freshly prepared triptose-soya agar and kept in refrigerator (at a temperature of 2–8 °C). Antibacterial and antifungal susceptibility was tested *in vitro* using a serial broth dilution technique (Mueller-Hinton Agar, USA).

Preparation of standard microorganisms cultures. Standard cultures of bacteria and fungus *Candida albicans* were cultivated for 20–24 hours at a temperature of 35–37 °C on Mueller-Hinton agar. A bacterial suspension was prepared according to the turbidity McFarland standard from cultivated bacterial cultures in physiological solution of sodium chloride (0.9 %). Bacterial suspension is considered standardized when the indicator shows 0.5 (this indicates 1.5×10^8 bacterial cells in 1 ml of suspension).

Preparation of the studied compounds for microbiological analysis. The 400 µg/ml dimethylsulfoxide solutions of the newly synthesized compounds and nitrofural (the last compound was used for the comparison) were prepared for further analysis. These solutions were prepared in dimethylsulfoxide because of the limited solubility of the compounds in other solvents. Antimicrobial activity is a specific feature of dimethylsulfoxide; therefore, a parallel control test was performed and the concentration which had no evidence of the antimicrobial activity was determined. Subsequently, dilutions of 200 µg/ml, 100 µg/ml, 50 µg/ml, 25 µg/ml, 10 µg/ml, 5 µg/ml, 2 µg/ml, 1 µg/ml, 0.5 µg/ml were produced under aseptic conditions by transferring with a sterile pipette the necessary amount of the analysed solution to Petri dishes and mixed with melted Mueller-Hinton agar. With the help of loop 0.1 ml of each standard microbial culture were poured on the surface of prepared agar with the compound under study. Then Petri dishes were kept for 24 hours in thermostatic conditions.

On the next day the growth of microorganisms was evaluated and compared to control. For control microbial cultures by 0.1 ml were disseminated on agar without any compound.

The lowest concentration (µg/ml) of the compounds under study and compounds for comparison that visibly inhibited growth of microorganisms was the minimum inhibitory concentration (MIC).

Prognosis of pharmacokinetic properties and toxicity by ADME/Tox boxes software. Prognosis of drug-likeness is very important in the early stages of drug development in order to reject compounds without beneficial pharmacokinetic or safety properties or even to predict these properties before synthesis. ADME/Tox Boxes software is one of the computer based tools for screening compounds *in silico*. This software was used to calculate and evaluate such properties of compounds as absorption, distribution, metabolism, excretion from the organism (ADME) and also the toxicity [14]. However, every compound intended for the oral use has to satisfy Lipinski's rule of five [15]:

- Molecular weight of the compound should be less than 500 daltons,
- The number of hydrogen bond donors should be equal or less than 5,
- The number of hydrogen bond acceptors should be equal or less than 10,
- Number of rotatable bonds should be equal or less than 10,
- An octanol-water partition coefficient (logP) should be less than 5.

LogP value is characterized as the logarithm of the ratio of the concentrations of neutral form of the compound dissolved both in octanol and water. This parameter is used for evaluating the hydrophilicity of the compound. It is estimated that for better absorption logP must be less than 5 [16].

Solubility of the compound is also a very important characteristic. Low solubility leads to limited absorption of the compound in gastrointestinal tract and also reduces oral bioavailability. Therefore, it may require a creation of a novel unusual pharmaceutical form therefore increasing costs and time delay. Insufficient solubility of the compound may distort the results of studies *in vitro*. Solubility can be expressed as logS. If logS value is larger than –4 for electrolytes and larger than –3 for nonelectrolytes, solubility is considered to be good. If logS value is smaller than –6 for electrolytes and smaller than –4.5 for nonelectrolytes, solubility is considered to be low.

Oral bioavailability plays an important role as well. It determines whether the drug can be used orally – this way of the drug usage is one of the most convenient ones. ADME/Tox Boxes software gives the evaluation of bioavailability and states the probabilities of absorption > 70 % or > 30 %.

ADME/Tox Boxes software also was used to calculate probability of the toxicity of the compound. The classification of toxicity by Hodge and Sterner (the indications of toxicity of compounds are determined for rat *per os*) is as follows [17]:

1. LD_{50} is ≤1 mg/kg – extremely toxic compound;
2. LD_{50} is 1–50 mg/kg – highly toxic compound;
3. LD_{50} is 50–500 mg/kg – moderately toxic compound;
4. LD_{50} is 500–5000 mg/kg – slightly toxic compound;
5. LD_{50} is 5000–15000 mg/kg – practically non-toxic compound;
6. LD_{50} is ≥15000 mg/kg – relatively harmless compound.

RESULTS AND DISCUSSION

It is necessary to mention that PASS software enabled to predict that all of the studied pyridine *N*-oxide derivatives should be active against bacteria and fungi as well as ciclopirox and nitrofural (Fig. 4).

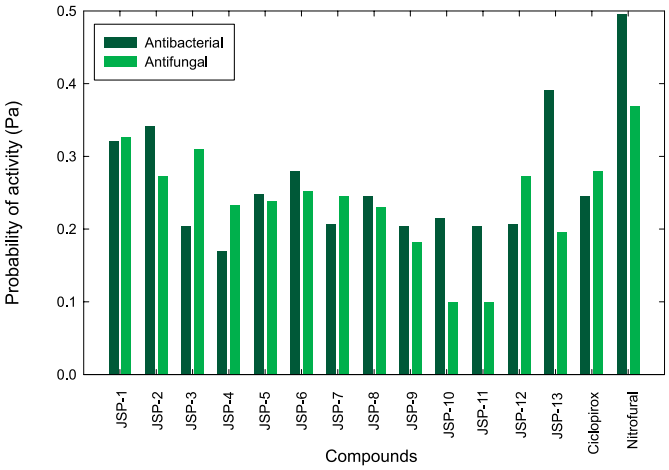


Figure 4. Predictions of antimicrobial activity probabilities (Pa) of the compounds.

As a result, the range of antibacterial activity of compounds is 0.169 < Pa < 0.391 and the range of antifungal activity of compounds is 0.099 < Pa < 0.326. Furthermore, antibacterial activity was predicted to be higher than antifungal for eight compounds. Five compounds were predicted to possess higher or equal antibacterial activity as ciclopirox and only two compounds were predicted to possess higher antifungal activity than ciclopirox.

Compound JSP-13, the only bisderivative of pyridine *N*-oxide, was predicted to have the highest antibacterial activity and compound JSP-1 was revealed to be the most active antifungal agent among thirteen analysed compounds. However, antimicrobial drug nitrofural was predicted to have the highest antifungal and antibacterial activity.

Despite the fact that PASS predicted antimicrobial activity with relatively low probabilities, it was expedient to verify *in vitro* if the compounds are certainly inactive against microbes. Therefore microbiological experiments of all synthesized compounds were performed *in vitro* and minimum inhibitory concentration against eight bacteria and one fungus was determined. All pyridine *N*-oxide derivatives showed antibacterial and antifungal activity.

The antimicrobial activity *in vitro* (MIC) of all compounds against tested microorganisms is given in Table 1.

Table 1. Antimicrobial activity of the compounds under study.

Compound	MIC, µg/ml								
	Staphylococcus aureus ATCC 25923	*Enterococcus faecalis* ATCC 29212	*Escherichia coli* ATCC 25922	*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853	*Klebsiella pneumoniae* ATCC 33499	*Proteus mirabilis* ATCC 12459	*Bacillus subtilis* ATCC 6633	*Bacillus cereus* ATCC 8035	*Candida albicans* ATCC 60193
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
JSP-1	>400	>400	400	400	>400	>400	>400	400	400
JSP-2	>400	>400	400	400	400	400	400	400	400
JSP-3	>400	400	400	400	>400	400	>400	>400	400
JSP-4	25	25	10	100	25	50	2	10	25
JSP-5	200	200	10	200	200	200	200	200	200
JSP-6	400	400	400	400	400	400	400	400	400
JSP-7	200	200	100	200	200	200	200	200	200
JSP-8	>400	400	400	400	400	400	400	400	100
JSP-9	400	400	200	400	200	400	200	400	400
JSP-10	400	400	400	400	400	100	400	400	200
JSP-11	5	1	25	200	2	1	1	1	2
JSP-12	>400	>400	400	400	>400	>400	>400	>400	400
JSP-13	100	200	200	50	100	50	50	50	50
Nitrofural	25	100	100	>250	50	100	10	5	>250

Note: 400 µg/ml was the highest tested concentration of the studied compounds.

JSP-11 could be considered as the most active compound among the studied ones. It possesses the highest activity against *Bacillus cereus* (MIC 1 µg/ml), *Bacillus subtilis* (1 µg/ml), *Enterococcus faecalis* (1 µg/ml), *Proteus mirabilis* (1 µg/ml), *Klebsiella pneumoniae* (2 µg/ml), *Candida albicans* (2 µg/ml) and *Staphylococcus aureus* (5 µg/ml). Moreover, this compound has high activity against *Escherichia coli* (25 µg/ml) and *Pseudomonas aeruginosa* (200 µg/ml) in comparison with other pyridine *N*-oxide derivatives.

JSP-4 is the second most active compound of all analysed pyridine *N*-oxide derivatives. It is 2.5 times more active against *Escherichia coli* and 2 times more active against *Pseudomonas aeruginosa* than JSP-11. The growth of other microorganisms was inhibited from 2 to 50 times weaker by this compound compared to JSP-11. Compound JSP-4 was the most active against *Bacillus subtilis* (MIC 2 µg/ml). Moreover, it was more active against all microorganisms compared to nitrofural, except *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*.

There were two most active compounds against bacterium *Escherichia coli*: JSP-4 and JSP-5. Their MIC (10 µg/ml) is 10 times lower compared to MIC of approved medicinal preparation nitrofural and similar to MIC of antimicrobial agents used nowadays. For instance, MIC of aminopenicillins against *Escherichia coli* is 1.25–12.5 µg/ml. Moreover, compound JSP-5 possesses selective activity against *Escherichia coli*: MIC against *Escherichia coli* is 20 times lower compared to MIC against other microorganisms. So it could be a good candidate for treating infections produced by *Escherichia coli*.

Seven compounds were active against fungus *Candida albicans* (MIC ≤ 200 μg/ml), but the most active was JSP-11 (2 μg/ml). Its activity was even higher than that of nowadays clinically used medicinal preparation ciclopirox (10 μg/ml). Moreover, compound JSP-4 possesses antifungal activity (MIC 25 μg/ml).

When evaluating structure and activity relationship, it is important to note that in general nitro compounds (JSP-4, JSP-9) possess higher antimicrobial activity compared to their analogues without nitro group (JSP-1, JSP-6). The most active compounds are 2-, 4- or 6-nitropyridine derivatives. JSP-11 possesses from 4 to 100 times higher activity in comparison with nitrofural against all tested strains of bacteria and fungi. Moreover, the same tendency holds with JSP-4 which is even more active – from 2 to 10 times against the most tested bacteria in comparison with nitrofural. These two compounds have nitro group in their structure, which plays an important role in nitrofuran derivative antimicrobial activity. However, there are some exceptions. Compound JSP-10 differs from JSP-11; the latter has the chlorine substituent in 2-position and methoxy group is transferred to 3-position. This difference has a strong influence on the antimicrobial activity. For instance, JSP-10 is from 2 to 400 times less active against various bacteria and fungi than JSP-11 is.

Bromine substituent also seems to be important for antimicrobial activity. Compound JSP-7 containing two bromine substituents in 3- and 5-positions is more active against microorganisms than other compounds despite the fact that there is no nitro group in its structure. Of course, it is difficult to evaluate the impact of bromine because only one of the analysed compounds has bromine substituents in its molecule.

Before identifying the most promising antimicrobial compounds for further development, their pharmacokinetic properties and toxicity profile were evaluated using ADME/Tox Boxes software. It was determined that all analysed pyridine *N*-oxide derivatives satisfy Lipinski's rule of five (Table 2).

Table 2. Lipinski's rule of five results for the compounds under study.

Compound	Molecular weight, Da	H-donors	H-acceptors	Rotatable bonds	LogP
JSP-1	95.10	0	2	0	–0.65
JSP-2	109.13	0	2	0	–0.24
JSP-3	123.15	0	2	0	0.17
JSP-4	153.18	0	3	1	0.19
JSP-5	125.13	0	3	1	–0.98
JSP-6	189.60	0	4	0	–0.27
JSP-7	129.54	0	2	0	–0.18
JSP-8	140.10	0	5	1	–0.39
JSP-9	168.15	0	5	1	0.43
JSP-10	170.12	0	6	2	–1.16
JSP-11	204.57	0	6	2	–0.03
JSP-12	252.89	0	2	2	0.47
JSP-13	252.18	4	8	1	–0.52
Ciclopirox	207.27	1	3	1	3.66
Nitrofural	198.14	3	8	3	0.52

Molecular weight of compounds is in the range from 95 to 253 daltons (less than 500 daltons). All compounds have less than 5 hydrogen bond donors and less than 10 hydrogen bond acceptors. Also they meet the requirement regarding the number of rotatable bonds (less than 10). Moreover, all pyridine *N*-oxide derivatives satisfy one of the most essential criteria for further drug development; their lipophilicity is suitable for drugs intended for oral usage (logP is less than 5).

Potential drugs must have proper permeability which includes intestinal permeability and oral bioavailability. It was determined that twelve pyridine *N*-oxide derivatives (except JSP-13), also ciclopirox and nitrofural have good oral bioavailability (> 70 %). It means that most analysed compounds could be used orally. Moreover, all pyridine *N*-oxide derivatives were predicted to be of good solubility: logS was larger than –4 for electrolytes and larger than –3 for nonelectrolytes.

ADME/Tox Boxes software enabled to predict that twelve pyridine *N*-oxide derivatives as well as nitrofural and ciclopirox are slightly toxic compounds (except JSP-13 which is moderately toxic compound) according to Hodge and Sterner classification (LD_{50} is in the range of 500–5000 mg/kg; Fig. 5). The lowest toxicity for rats using the compound orally was predicted for three derivatives: JSP-2, JSP-6, JSP-8. It is interesting to note, that these compounds have similar substituents – methyl and/or methoxy groups. Only two compounds were predicted to be more toxic compared to nitrofural (JSP-12 and JSP-13) and only one more toxic than ciclopirox (JSP-13).

To verify the toxicity of pyridine *N*-oxide derivatives cytotoxity experiments of some compounds (JSP-1, JSP-4, JSP-5, JSP-7, JSP-11) were performed by other researchers at Vilnius University Institute of Biochemistry in Lithuania. It was estimated, that at the concentration (CL_{50}) of 300 μM of compound JSP-1 50 % of splenocytes survive. When incorporating nitro group into the 4-position or methoxy group into the 3-position of heterocycle, cytotoxicity increases almost 10 times (CL_{50} of JSP-4 is 33 μM and

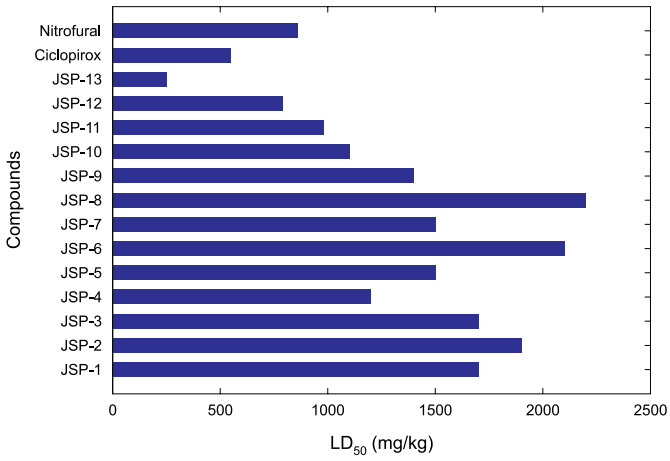


Figure 5. Toxicity (LD_{50}) of the compounds.

CL_{50} of JSP-5 is 35 μM). Toxicity becomes even higher when two bromine substituents are incorporated in the 3- and 5-positions of heterocycle (CL_{50} of JSP-7 is 15 μM – this compound is 20 times more cytotoxic compared to JSP-1). These results suggest that a nitro group or halogen atom could increase the toxicity on mammalian cells. Moreover, the obtained results on cells coincide with the predicted toxicity: the predicted LD_{50} for JSP-1 was also higher compared to JSP-4 and JSP-5.

When summarizing the antimicrobial activity results of the pyridine *N*-oxide derivatives, it is important to point out that all of these compounds possess antifungal and antibacterial activity. Prognosis of the activity of the compounds is useful because it helps to identify the compounds for future testing, but it is not advisable to rely on it completely; it is necessary to carry out the experiments *in vitro*.

Most of the studied compounds were predicted to have good pharmacokinetic profile and were only slightly toxic substances. On the basis of the results of microbiological experiments and the prognosis data for toxicity and pharmacokinetic properties we identified that the most promising pyridine derivatives are: JSP-4, JSP-5 and JSP-11. JSP-4 and JSP-11 are the most active against most tested microorganisms and JSP-5 selectively inhibits the growth of *Escherichia coli*.

CONCLUSIONS

1. Pyridine *N*-oxide derivatives possess antibacterial and antifungal activity and could be represented as the class of antimicrobial agents.
2. It was determined that the most active compound is JSP-11. It has chlorine substituent in 2-position, methoxy group in 3-position and nitro group in 6-position.
3. The second most active compound is JSP-4. It has nitro group in 4-position.
4. Nitro group in 2-, 4- or 6-position of pyridine ring is essential for high antibacterial and antifungal activity. Its influence should be reinforced by other substituents such as chlorine in the 2-position and methoxy group in the 3-position.
5. On the basis of the results of microbiological experiments and on the predicted low toxicity and good pharmacokinetic profile we conclude that the most active compounds against most tested microorganisms and also most promising as future preparations are JSP-4 and JSP-11, whereas JSP-5 selectively inhibits the growth of *Escherichia coli*.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are truly grateful to Vilma Petrikaitė for all her advices, help, support and inspiration she gave us during the research period. Also, we would like to thank Jonas Šarlauskas and Linas Labanauskas for their advices and for all synthesized compounds that they gave us to study. Moreover, we are very thankful to Alvydas Pavilonis who provided us the opportunity to perform the research at the Laboratory of Microbiology at Lithuanian University of Health Sciences. Also many thanks we send to the referee Inga Čikotienė.

REFERENCES

1. World Help Organization, The Global Burden of Disease: 2004. WHO press, 2008; http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GBD_report_2004update_full.pdf

2. Demain A. L., Sanchez S. 2009, Microbial drug discovery: 80 years of progress. *The Journal of Antibiotics*, 62, 5–16.

3. Bush K. 2004, Antibacterial drug discovery in the 21st century. *Clinical Microbiology and Infection*, 10 (4), 10–17.

4. de Pauw B. 2000, Is there a need for new antifungal agents? *Clinical Microbiology and Infection*, 6 (2), 23–28.

5. Clayden J., Greeves N., Warren S., Wothers P., *Organic chemistry*, Oxford University Press, 2001.

6. Balaban A. T., Oniciu D. C., Katritzky A. R. 2004, Aromaticity as a Cornerstone of Heterocyclic Chemistry. *Chemical Reviews*, 104 (5), 2777–2812.

7. Bickel M. H. 1969, The Pharmacology and Biochemistry of *N*-Oxides. *Pharmacological Reviews*, 21 (4), 325–355.

8. Korting H. C., Grundmann-Kollmann M. 1997, The hydroxypyridones: a class of antimycotics of its own. *Mycoses*, 40 (7–8), 243–247.

9. *Pharmacogenomics Knowledge Base* (ciclopirox); http://www.pharmgkb.org/do/serve?objId=PA164747060&objCls=Drug#tabview=tab0

10. Guay D. R. 2001, An Update on the Role of Nitrofurans in the Management of Urinary Tract Infections. *Drugs*, 61 (3), 353–364.

11. *Pharmacogenomics Knowledge Base* (nitrofural); http://www.pharmgkb.org/do/serve?objId=PA164754877&objCls=Drug

12. Poroikov V. V. et al. 2003, PASS Biological Activity Spectrum Predictions in the Enhanced Open NCI Database Browser. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 43 (1), 228–236.

13. http://195.178.207.233/PASS

14. Ekins S. 2003, *In silico* approaches to predicting drug metabolism, toxicology and beyond. *Biochemical Society Transactions*, 31 (3), 611–614.

15. Lagorce D., Sperandio O., Galons H., Miteva M. A., Villoutreix B. O. 2008, FAF-Drugs2: Free ADME/tox filtering tool to assist drug discovery and chemical biology projects. *BMC Bioinformatics*, 9, 396.

16. Lipinski C. A., Lombardo F., Dominy B. W., Feeney P. J. 1997, Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 23 (1), 3–25 (23).

17. Banik G. M. 2004, *In silico* ADME-Tox prediction: The more, the merrier. *Current Drug Discovery*, 4, 31–34.

Influence of Iron Ore Deposits on Distribution of Radioactive Isotope ^{137}Cs after the Nuclear Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant

Vytautas Zarauskas, Varėna "Rytas" Secondary school

Gulera Atajeva, Varėna "Ąžuolas" Secondary school

2005

ABSTRACT

The accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant in 1986 produced a radioactive cloud that polluted broad areas. It is well known that climatic, meteorological, geological, topographical etc. factors have influence on the distribution of the radioactive nuclide ^{137}Cs fallout. The path of Chernobyl radioactive cloud crossed the iron ore fields near town Varėna (Lithuania). This coincidence created exceptional circumstances to study the influence of serpentine magnetite ore deposits on distribution of the radioactive pollutant ^{137}Cs.
We measured (2002–2004, August–September) radioactivity (single channel beta radiometer RUB-01P6) of a large number of various specimens (soil, forest floor, berries and mushrooms) in 12 zones (~3 km^2 each), selected with respect to the path of the radioactive cloud and the iron ore fields, avoiding open areas and water bodies. We carefully selected the best indicators of radioactive contamination, and finally, employed four species of mushrooms which proved to be the most reliable indicators of radioactive pollution of the area (particularly sensitive to radioactive pollution were *Rozites caperata*). We demonstrated that mushrooms, gathered in the forest zones located over the iron ore fields, are statistically significantly less radioactive than the same species of mushrooms gathered in the surrounding zones. Taking into account identical meteorological, geological and topographical factors in the studied zones, and the fact that ^{137}Cs radionuclide is carried by the smallest aerosol fraction, we proposed a hypothesis that lower radioactivity of the mushrooms from the areas located above the serpentine magnetite ore deposits could be explained by the influence of the local magnetic field created by serpentine magnetite ore deposits.
Finally, an artificial magnetic field protection from ^{137}Cs contamination is suggested. It could be effective in cases of accidents, followed by radioactive pollution. Also in order to prevent radioactive leakage it could be used to cover nuclear power plants.

SANTRAUKA

Per Černobylio atominės elektrinės avariją 1986 m. radioaktyviosiomis medžiagomis buvo užterštos didelės teritorijos. Radioaktyviosios iškritos užteršė ir teritoriją šalia Varėnos (Lietuva). Žinoma, kad klimatinės, meteorologinės, geologinės, topografinės ir kitos sąlygos lemia radionuklido ^{137}Cs iškritų netolygų pasiskirstymą. Radioaktyvus debesis netoli Varėnos kirto vietovę, kurioje yra geležies rūdos telkinių, todėl mes tyrėme, ar serpentino-magnetito rūdos telkinių poveikis turėjo įtakos radioaktyviojo ^{137}Cs pasiskirstymui.
Atsižvelgdami į radioaktyviojo debesies sklidimo kelią ir geležies rūdos telkinių išsidėstymą parinkome 12 tyrimo zonų (kiekvienos plotas – apie 3 km^2; zonos buvo parinktos toliau nuo atvirų vietų ir vandens telkinių), kuriose 2002–2004 m. rugpjūčio–rugsėjo mėn. rinkome dirvožemio, samanų, uogų ir grybų mėginius ir matavome jų radioaktyvumą vienkanaliu beta radiometru RUB-01P6. Pagal matavimų duomenis nustatėme geriausius radioaktyviosios taršos indikatorius – keturias grybų rūšis, iš kurių geriausi indikatoriai buvo raukšlėtieji gudukai (*Rozites caperata*). Ištyrėme, kad grybai, rinkti miškų zonose, esančiose virš geležies rūdos telkinių, buvo mažiau radioaktyvūs už tos pačios rūšies grybus, surinktus aplinkinėse zonose. Šie rezultatai yra statistiškai patikimi. Atsižvelgdami į tapačias meteorologines, geologines ir topografines sąlygas tyrimo zonose, taip pat į tai, kad ^{137}Cs radionuklidus neša mažiausi aerozolio lašeliai, pasiūlėme hipotezę: virš serpentino-magnetito rūdos telkinių augančių grybų mažesnį radioaktyvumą galima paaiškinti šių telkinių magnetinio lauko poveikiu. Taip pat pasiūlėme svarbias teritorijas nuo užteršimo ^{137}Cs radionuklidais apsaugoti dirbtiniais magnetiniais laukais arba magnetiniais skydais uždengti branduolines jėgaines, kad būtų galima išvengti radioaktyviųjų medžiagų nuotėkio.

INTRODUCTION

A nuclear accident occurred on 26 April 1986 at the Chernobyl Nuclear Power Plant (Chernobyl NPP) in the Ukrainian SSR (now Ukraine). Large quantities of radioactive materials were released into the environment. Radioactive cloud spread from Ukraine through Belorussia and Lithuania to Scandinavia (Fig. 1a). A large part of Europe was contaminated as a result (Fig. 1b, c, d). Radioactive pollution was absorbed mostly by forests, thus they became contaminated more severely than the open spaces. One of the most substantial long-term consequences in Lithuania is a large amount of radioactive ^{137}Cs fallout in Southern Lithuania, Varėna region [1].

The threat of radiation for human health prompted to initiate radiometric analysis in order to investigate the impact of Chernobyl nuclear accident on Lithuania. The significance of the problem is evident from several facts:

1) radionuclides had been emitted from the reactor for over a week, during this time the wind changed its direction, therefore, a large part of Europe has become contaminated (Fig. 1);

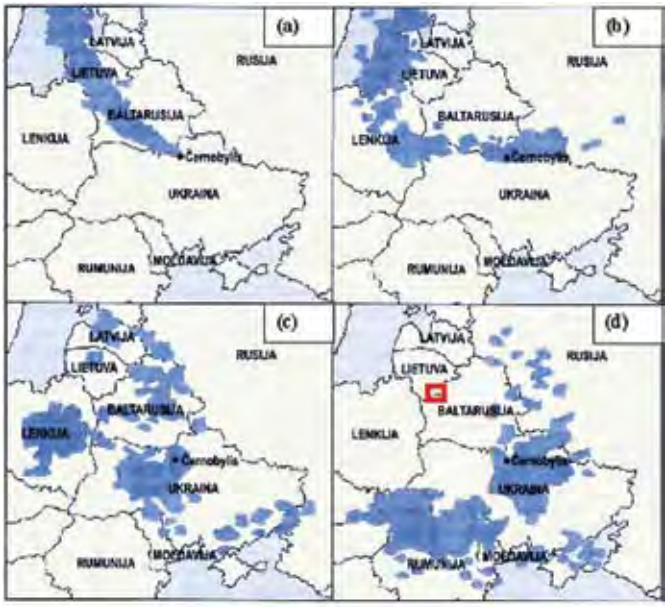


Figure 1. The first week of propagation and dissipation of radioactive cloud produced during the accident at the Chernobyl NPP is shown. The panel (a) shows a situation on 27th of April 1986 (6:00 local time). The studied area is marked with a red rectangle on the panel (d).

2) the half-life of radionuclide ^{137}Cs is approx. 30 years, thus it is highly radioactive up to this day;
3) according to the results provided by the Lithuanian Radiation Protection Centre (RPC), in the period of 1998–2001 radioactive contamination of mushrooms in Varėna region was the highest in Lithuania [2].

Since 2002 we have been participating in the program "Radiometric analysis of mushrooms" organized by the Ministry of Health of the Republic of Lithuania, and in the program for the improvement of Varėna region community environment and provision of information – "Mushroom". In the period of 2002–2003 we measured radioactive contamination of soil, forest floor (specifically – of moss *Polytrichum commune* and lichen *Cladonia rangiferina*), mushrooms and berries. The survey led us to the conclusion, that mushrooms are the best indicators of radioactive pollution in the region. Hence in 2004 we measured only the radioactivity of mushrooms. On the basis of the measurement results in 2002–2004 and using the RPC's database for the previous years, we determined the distribution of radioactive pollution, caused by the accident at the Chernobyl NPP.

Analysis of radioactive contamination of mushrooms by ^{137}Cs revealed that the radioactivity in the period of 2002–2003 was systematically higher in several areas. It was found that these areas are surrounded by deposits of iron ore. The geological research showed that in the Southeast Lithuania the crystalline basement contains magnetite ore [3]. Numerous iron ore deposits were discovered in the area around Varėna (at a depth of 300–480 m); overall resources of these amounts to approx. 780 million tons. The deposits are dominated by serpentine magnetite ore (approx. 80–90% of their mass), in which magnetite constitutes 90–95 % of its mass. Therefore, the idea for the current study was to choose mushroom gathering zones around iron ore deposits and examine if any relation exists between radioactive contamination of mushrooms and the distribution of ore deposits.

AIM OF THE PROJECT

The principal aim of the project is to investigate the potential influence of iron ore deposits on the distribution of the ^{137}Cs fallout.

Tasks of the study:

1. To measure radioactivity of soil, forest floor (of moss *Polytrichum commune* and lichen *Cladonia rangiferina*) and mushrooms in the selected zones (Figs. 2 & 3).
2. To determine the most sensitive and reliable natural radioactivity indicators for the analysis of the area's radioactive contamination.
3. To study the distribution of radioactivity over the iron ore deposits (zones V-Fe and M-Fe in Fig. 2) and in the surrounding control zones selected for comparison (Figs. 2 & 3; location: Varėna region, Lithuania).

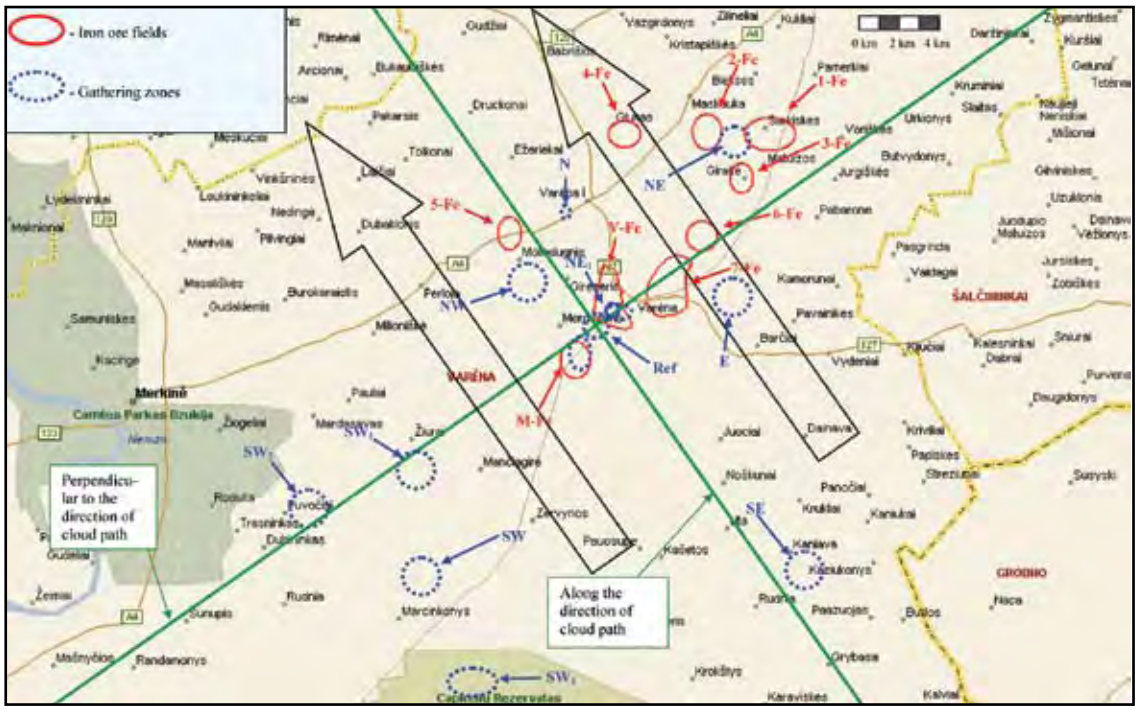


Figure 2. The area under study (Southeast Lithuania). Large arrows mark the direction of propagation of radioactive cloud. The iron ore deposits are marked in red. The zones of test object gathering are marked in blue.

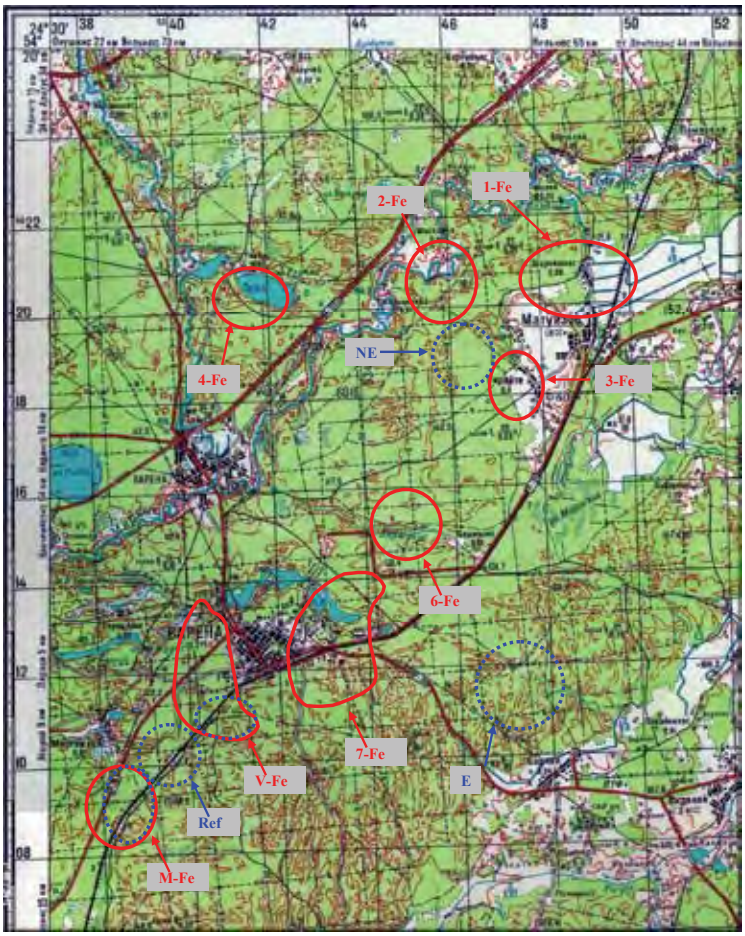


Figure 3. A topographic map of the area under study. The iron ore deposits are marked in red. The zones of test object gathering are marked in blue. The main zones under study are: M-Fe, V-Fe, and Ref (the reference zone).

METHOD OF RESEARCH

The measurements of radioactivity were performed at the laboratory of Alytus Community Health Centre Varėna's branch. According to the analysis of RPC and literature [1], radioactive contamination of specimens could be influenced by the following factors:

- **Specimen humidity.** It affects the ratio of radioactive contamination and mass of the sample – the ratio of higher humidity samples is lower.
- **Meteorological conditions of the year.** Seasonal rainfall is not uniform. Therefore, the uneven scour of radionuclides during the whole period after the Chernobyl disaster should be taken into account.
- **Microclimatic conditions of the region.** Rain can occur in different zones of the area, thus uneven scour of radioactive dust will cause fluctuations in the annual trends of radioactivity.
- **Relief of the region.** It could have an effect on the distribution of radionuclides.
- **Geological composition of soil in the sampling zones:**
  a) Groundwater. It causes uneven penetration of radionuclides into the soil and governs their migration.
  b) Heavy metals. They can bind the radionuclides.
- **Water bodies.** There are more condensation nuclei near water bodies; therefore, there could be more aerosol particles with radionuclides.

All of the above mentioned factors were taken into consideration when selecting zones for study. Identical closely located zones were selected to avoid differences in topography and annual meteorological conditions. Therefore, the main distinction among the three key zones under study (V-Fe, M-Fe, and Ref, Figs. 2 & 3) is in the proximity of underground iron ore deposits. The deposits stratify at a depth of 300–400 m or deeper, and thus chemically have no effect on the distribution of radioactive pollution [4]. The chemical composition of the soil at the surface is not influenced by the presence of iron ore deposits and ^{137}Cs enters mushrooms only from the contaminated surface.

Forest floor and soil samples were dried at a room temperature and measured at an equal humidity. Mushrooms and berries were examined raw, unrefined and unwashed. The humidity of mushroom and berry samples was not measured, but all of the samples were considered to be dry – they were gathered no less than in three days after the rain in each case. Perfect reiteration of the measured mushroom radioactivity (during the same year), even when different species of mushrooms are compared, implies that the systematic errors arising from climatic conditions are avoided.

Radioactive contamination of every specimen was measured in the following order:

1. A plastic vessel (1 dm^3 in volume, m_1 = 0.3 kg) is cleaned with alcohol and is left to dry, in order to remove radioactive dust and residual radioactive contamination from previous samples.
2. A sample is inserted into the vessel, while leaving as little space as possible. The closed vessel with the sample is weighed (m_2) and the mass of the content is calculated ($m = m_2 - m_1$).
3. The closed vessel with the sample is inserted into a lead single channel of beta radiometer RUB–01 P6.

4. Ten measurements of the sample's radioactivity per unit volume [Bq/dm^3] are performed (R_1, R_2, ..., R_{10}). Their arithmetic average is then calculated: $R = (R_1 + R_2 + ... + R_{10}) / 10$.
5. The vessel is withdrawn from the radiometer, the sample is removed and its specific (or mass) radioactivity [Bq/kg] is calculated according to the simple formula: R/m.

In order to determine the most sensitive and reliable indicator of the area's radioactive pollution, an analysis of radioactivity of soil, forest floor (of moss *Polytrichum commune* and lichen *Cladonia rangiferina*), mushrooms and berries was performed in 2002–2003. Forest zones for sampling were selected according to the path of radioactive cloud (Fig. 1a) and far from open spaces and water bodies.

Soil and forest floor were sampled and mushrooms were gathered in each zone in August and September, at least three times annually. Mushrooms were gathered in zones of 1 km in radius in order to avoid accidental spots of radioactive contamination. In order to get more even coverage of the area, the samples were gathered in three zones (SE, NW, SW) shown in Fig. 2. The soil in the studied zones is of similar composition, therefore, the soil differences have no considerable effect on the specimen's radioactive contamination. Five mushroom species were chosen for study: *Rozites caperata*, *Russula vesca*, *Xerocomus badius*, *Cantharellus cibarius*, *Boletus edulis*. The amount of test substance was limited by the volume of radiometer vessel (1 dm^3). The layer of soil was taken from the depth of approx. 10 cm under the forest floor that was chosen for sampling.

6 types of berries: *Vaccinium vitis-idaea*, *Oxycoccus*, *Crataegus sanguinea*, *Rosa canina*, *Sorbus aucuparia*, *Ribes sylvestre* were picked three times during their vegetation period at 5 different zones (N, NE_1, NE, SE, SW_3; Fig. 2). However, not of all types of berries were picked in all zones, as not all of them grow in every zone under study.

Selection of radioactivity indicators. The measurement data were statistically processed and structured, and specific radioactivity mean values were derived. The results show that specific radioactivity of berries is in the range of R ∈ (9–30) Bq/kg (Fig. 4); therefore, because of the high relative error and strong influence of the background radiation, they are poor indicators of the region's radioactivity. Such a low contamination by ^{137}Cs is probably due to the fact that berries lack a direct contact with the ground.

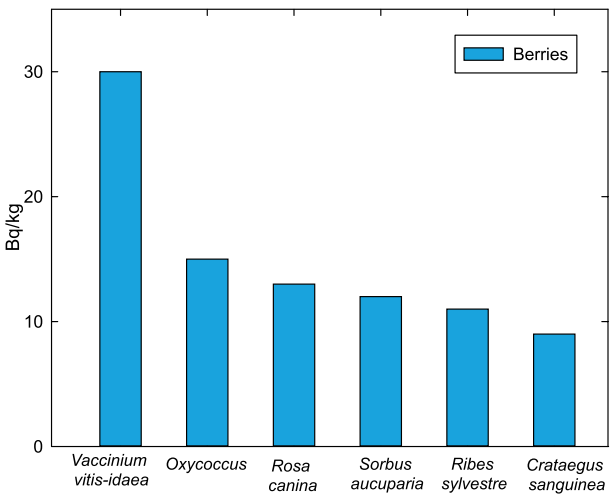


Figure 4. Average specific radioactivity of berries (2002–2003) in the studied area.

Specific radioactivity of lichen *Cladonia rangiferina* is also negligible (R ∈ [19–23] Bq/kg; Fig. 5), so it is unreliable as the indicator. The relative measurement error of moss *Polytrichum commune* is smaller because of its wider range of specific radioactivity R ∈ [18–63] Bq/kg than that of *Cladonia rangiferina*. The absence of connection between specific radioactivity of *Polytrichum commune* and of *Cladonia rangiferina* (Fig. 5) could be caused by the differences in humidity of the areas – *Polytrichum commune* grows in the areas of higher humidity than *Cladonia rangiferina* does. When humidity is higher, more aerosol concentration centres form over the prior ones. Consequently, more radioactive particles are bound up and this might be the cause for higher radioactivity of *Polytrichum commune*. Forest soil serves as a better indicator because of a higher ^{137}Cs concentration in it – the range of its specific radioactivity is R ∈ [36–68] Bq/kg (Fig. 5). It is probably caused by the fact that particles of aerosols carried by the radioactive cloud formed after the Chernobyl disaster fell onto the ground and in twenty years the particles have penetrated deeper into the soil. Radioactivity of the soil and of *Polytrichum commune* are proportionally related (Fig. 5). The constant of proportionality, calculated from the 2002–2003 mean values of specific radioactivity in the examined areas, is k ∈ [1.1–2.0]. The discrepancy could be caused by a number of factors: different humidity, annual meteorological and microclimatic conditions, relief and different thickness of the moss layers.

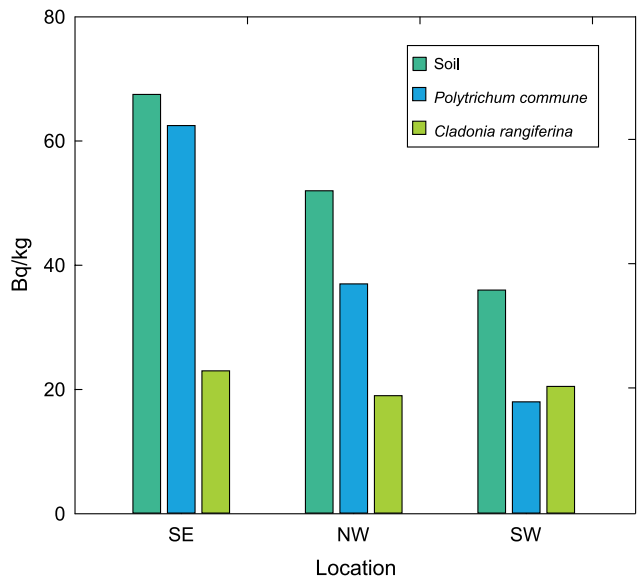


Figure 5. Average specific radioactivity of soil, moss *Polytrichum commune* and lichen *Cladonia rangiferina* (2002–2003) in the studied area.

The average specific radioactivity of mushrooms in Varėna region (2002–2003) implies that mushrooms are the most sensitive indicators of the area's pollution because of their highest contamination by ^{137}Cs – R ∈ [20–700] Bq/kg (Fig. 6). Accordingly, their relative measurement errors are the smallest, and the statistical reliability is the highest. Nevertheless, the measured radioactivity of *Boletus edulis* and *Cantharellus cibarius* is relatively small – its range is R ∈ [23–70] Bq/kg; therefore, their reliability is as small as that of the soil or *Polytrichum commune*. Mushrooms *Rozites caperata*, *Russula vesca* and *Xerocomus badius* accumulate

radiation most of all. Their specific radioactivity is R ∈ [160–710] Bq/kg. Furthermore, one could see a common pattern between the specific radioactivity of the mushrooms, *Polytrichum commune* and the soil (2002–2003; Figs. 5 & 6). The ratio of their specific radioactivity is $R_M : R_S : R_{Pc}$ = (1) : (4.6–5.4) : (4.9–10.8), where R_M – average specific radioactivity of mushrooms, R_S – of soil, and R_{Pc} – of *Polytrichum commune*.

Thus we determined that mushrooms – especially *Rozites caperata* – is the most sensitive and reliable indicator of the area's radioactive contamination.

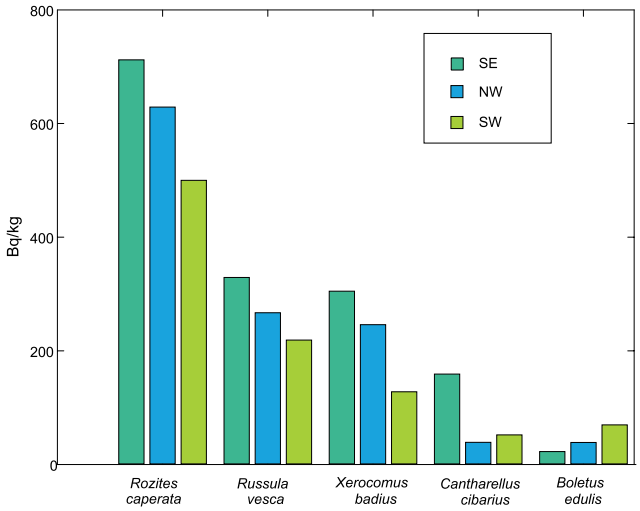


Figure 6. Average specific radioactivity of mushrooms (2002–2003) in the studied area.

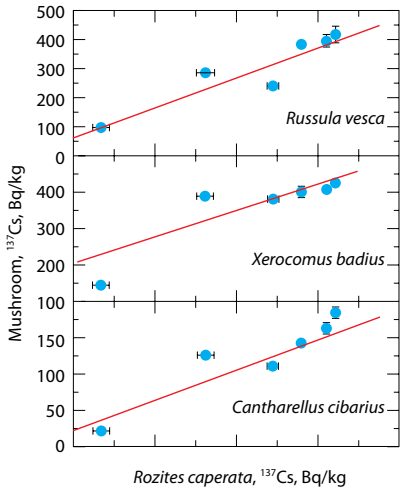


Figure 7. The relation between specific radioactivity of *Rozites caperata* and specific radioactivity of *Russula vesca, Xerocomus badius,* and *Cantharellus cibarius.* Measurements were taken in 2004 in the zones located over the iron ore deposits V-Fe & M-Fe, and in the reference zones NW, Ref, SE, SW. Error-bars indicate the standard deviation of the average value; some error-bars are inside the points.

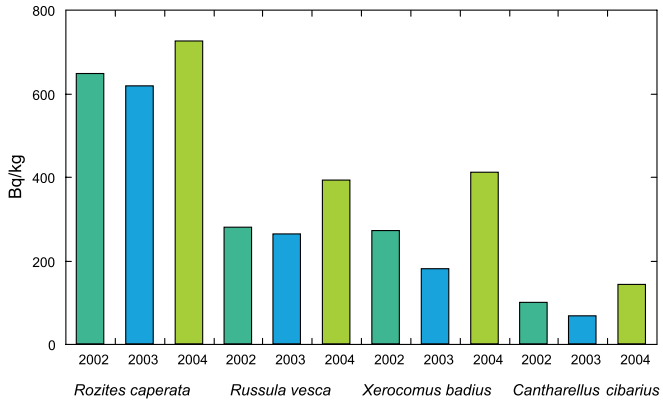


Figure 8. Specific radioactivity of different species of mushrooms (2002–2004).

Selection of zones for further study. In order to measure the influence of iron ore deposits on the distribution of radioactive ^{137}Cs fallout we thoroughly studied radioactivity of mushrooms. In 2004 we took samples from the areas that were appropriately situated in respect to the direction of radioactive cloud's movement (Figs. 2 & 3). Firstly, in 2002–2004 we gathered mushrooms in a number of new and old (2002–2003) zones SE, NW, SW with the aim to study the area's radioactive contamination. We have strictly followed the same measurement technique in order to avoid any variations in results.

Study areas were chosen in such a way, that one could analyse the cross-section of the ^{137}Cs fallout. This is required in order to determine, which part of the radioactive cloud drifted over the area under study. Mushrooms were gathered in the zones located perpendicular to the radioactive cloud path: SW_2 (~17 km south-west of the reference zone Ref; Fig. 2); SW (~14 km); SW_1 (~12 km); NW (~2 km north-west); E (~6 km east).

Other zones where chosen in such a way that it would be possible to evaluate if the ^{137}Cs had deposited on the land surface evenly. For this purpose we studied the cross-section of the ^{137}Cs fallout along the cloud path: in the zones SE (~16 km south-east of the reference zone Ref; Fig. 2) and NW (~4 km north-west).

Other zones yet were chosen after the comparison of our 2002–2003 study data with the data provided by RPC for the same zone in 1998–2001 [5]. It was interesting to compare our results with the previous data. It was evident that the measured radioactivity in different types of mushrooms correlates well (Fig. 7), even though it changes significantly year after year (Fig. 8).

Therefore we concluded that all of the obtained data can be transformed into one joint system. Year 2004 was chosen as a base year and a factor was calculated for each of the other ones in order to transform specific radioactivity measured during the years into one joint system. The formula of the transformation: $d_N = R_B/R_N$, where d_N – factor for the year N, R_B – average specific radioactivity of mushrooms during the base year (2004), R_N – average specific radioactivity of mushrooms during the year N.

It was found that radioactivity is systematically higher in the zones NE and NW than in the zone SW, and this discrepancy is statistically reliable. That is interesting because all of these zones are at approximately the same distance from the reference zone Ref (Fig. 2). When comparing the topographical and geological maps of Varėna region [3], we realized that zones NE and NW are surrounded by three iron ore deposits (Figs. 2 & 3). Therefore, we formed a hypothesis that magnetic field, produced by iron ore deposits, could have affected the trajectory of electrified particles of aerosols carrying ^{137}Cs nuclides. In order to verify the hypothesis, we have chosen two largest, in close proximity to each other iron ore deposit fields and corresponding sampling zones (Figs. 2 & 3): V-Fe and M-Fe, located above the iron ore deposits; Ref, located between the zones V-Fe and M-Fe and in the centre of the study zone; NW, located to the north-west of the study zone; E, located to the east of the study zone; and SE, located to the south-east of the study zone.

Uncertainty of measurement in any area under study could be affected by many factors; thus it is important to take this potential impact into account. Geographical features of the most important study zones – M-Fe, V-Fe, and Ref – are shown in Fig. 3. All of these zones are far from water bodies and open spaces, whereas forest, soil and forest floor in the zones are almost identical. Therefore, they are suitable for comparative study of radioactive contamination and could lead to an answer whether the iron ore deposits could affect ^{137}Cs fallout distribution.

RESULTS AND DISCUSSION

Average values of specific radioactivity and their standard deviations were calculated. Firstly, the results were studied looking for any possible annual trends in radioactive contamination. Fig. 8 shows a substantial variation in mushroom radioactivity during the years 2002–2004; it is likely that annual fluctuations are governed by seasonal meteorological conditions. Abounding precipitation during the period of mushroom growth washes away the better part of radionuclides, which are deposited on the surface of mushrooms. However, relative radioactivity among the mushroom species varies in a narrow range. Annual ratios of average specific radioactivity are $R_{2002} : R_{2003} : R_{2004}$ = (1.1–1.5) : (1.2 – 2.3) : 1, where R_N – an average specific radioactivity of one of the species of mushrooms (*Rozites caperata*, *Russula vesca*, *Xerocomus badius*, *Cantharellus cibarius*) for the year N. Observed fluctuations of specific radioactivity of mushrooms are most likely due to the differences in microclimatic conditions (for example, it could be possible, that the studied zones had received uneven rainfall over time). One can guess that it is possible to assess the seasonal climatic conditions by measuring radioactivity of mushrooms: if the annual average specific radioactivity is higher, and there were no additional radioactive contamination sources, it is likely that there was less precipitation during the summer (Fig. 8).

It was determined from the study of zones located perpendicular to the path of radioactive cloud that the maximum of fallout is close to the central zone (Ref) and its neighbouring iron ore deposits. Zone NW was significantly polluted by ^{137}Cs (Fig. 9). Therefore, accurate measurements of radioactivity in those areas are feasible.

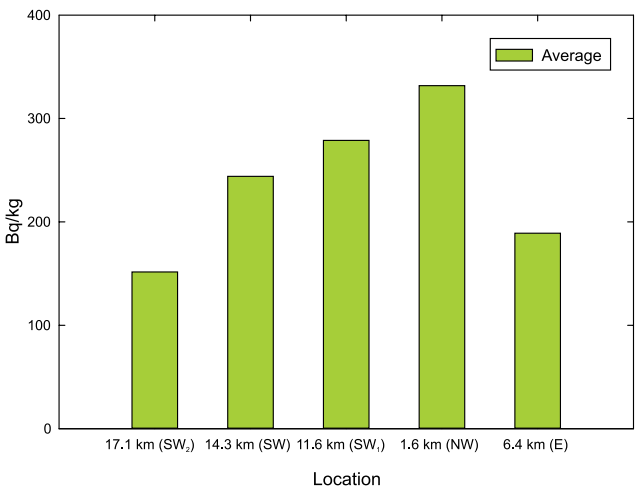


Figure 9. Average specific radioactivity of mushrooms (2004) in the zones along the direction perpendicular to the propagation path of radioactive cloud. Distances indicated were measured from the studied reference zone (Ref), see Figs. 2 & 3 for details.

The study of radioactive pollution of the zones along the way of radioactive cloud shows that ^{137}Cs fallout distributed on the earth almost uniformly (Fig. 10).

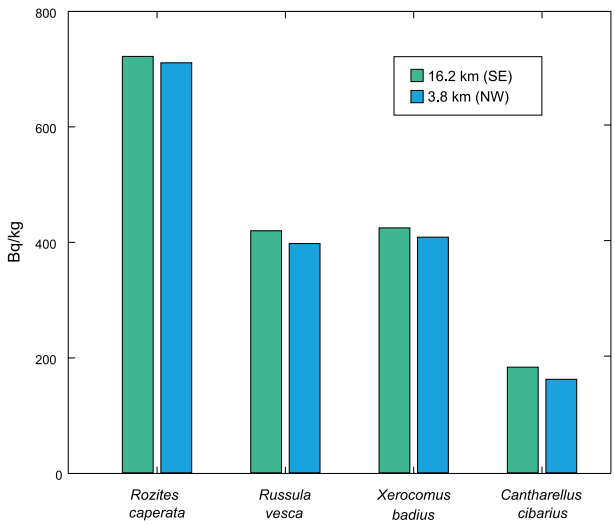


Figure 10. Average specific radioactivity of mushrooms (2004) in the zones along the direction of propagation path of radioactive cloud. Distances indicated were measured from the studied reference zone (Ref), see Figs. 2 & 3 for details.

No systematic deviation in radioactive contamination of the zones V-Fe, M-Fe and Ref should be present. Therefore the studied areas are suitable for the analysis of the influence of iron ore deposits.

To begin with, we tested if there is a relation between the radioactivity data of different species of mushrooms (Fig. 7). It is obvious that the specific radioactivity of different species of mushrooms, compared to the specific radioactivity of *Rozites caperata*, correlates linearly. Therefore, if the specific radioactivity of all species of mushrooms is high, it is an acceptable indicator of the overall contamination at the studied area. Furthermore, it is apparent from the radioactivity measurements of samples from the studied zones that the concentration of ^{137}Cs is lower above the iron ore deposits and higher at the surrounding zones (Fig. 11). It must be noted that specific radioactivity of *Xerocomus badius* varies only slightly. This indicator would imply that the differences of radioactive contamination between the zones V-Fe, M-Fe, and Ref are small. However, data for other mushroom species: *Rozites caperata*, *Russula vesca* and *Cantharellus cibarius,* confirm the differences of pollution of these zones. Taking into account radioactivity measurements for all four species of mushrooms, we can state with 99 % confidence level that radioactivity of the zones V-Fe and M-Fe is significantly lower than that of the zone Ref (Fig. 11).

It could be concluded that after the accident at the Chernobyl NPP, the studied area along the path of radioactive cloud was polluted by ^{137}Cs almost uniformly. Moreover, radioactivity data for several years show that mushroom radioactivity levels are subject to changes in climate – mostly depending upon the annual precipitation. However, it is likely, that the distribution of ^{137}Cs was governed not only by meteorological conditions, relief and water bodies, but also by magnetic anomalies above the iron ore deposits rich in magnetite.

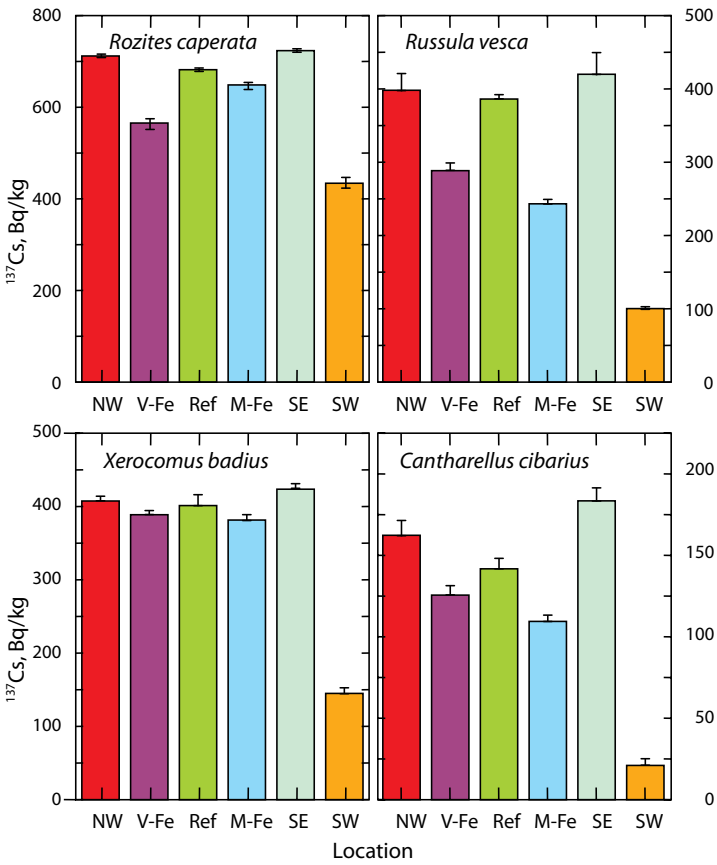


Figure 11. Average specific radioactivity of *Rozites caperata, Russula vesca, Xerocomus badius,* and *Cantharellus cibarius.* Measurements were taken in 2004 in the zones located over the iron ore deposits V-Fe & M-Fe, and in the reference zones NW, Ref, SE, SW. Error-bars indicate the standard deviation of the averaged value.

If the smallest electrified aerosol particles, carrying ^{137}Cs, are indeed directed by magnetic forces to the areas of a weaker magnetic field, we can suggest a method for protecting large areas from radioactive fallout. Sufficiently strong magnetic field should be generated at the specific places of the protected area in order to redirect radionuclides. Generation of the magnetic shield above the nuclear power plant could even prevent radioactive leakage and pollution of the atmosphere.

CONCLUSIONS

1. The ^{137}Cs released through the accident at the Chernobyl NPP distributed uniformly on the studied area along the path of radioactive cloud propagation. Though local (on the scale of 1 km) variations of ^{137}Cs fallout were generated by the influence of several factors, one of them – a stronger magnetic field (magnetic anomaly) above the iron ore deposits (Figs. 3 & 11).
2. Specific radioactivity of *Cladonia rangiferina* does not correlate with specific radioactivity of other studied species.
3. Specific radioactivity of *Polytrichum commune* tightly correlates with specific radioactivity of soil and mushrooms (Figs. 5 & 6).
4. Mushrooms are the most sensitive and reliable natural indicator of the area's radioactive contamination by ^{137}Cs. Specific radioactivity varies in different species of mushrooms; however, it is proportional to the overall radioactive contamination of the area (Fig. 7). *Rozites caperata* is the best indicator of radioactive contamination by the radionuclide ^{137}Cs.
5. We suggest to employ artificial magnetic fields for the protection of important areas from ^{137}Cs radioactive contamination after nuclear accidents, or to use magnetic shielding over nuclear power plants to prevent radioactive leakage into the atmosphere.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Vladas Vansevičius and Donatas Narbutis for their tremendous help preparing the final version of the paper for the XVII European Union Contest for Young Scientists. Their criticism and comments gave us a lot of inspiration and were very educational. Special thanks goes to Bronė Kazlauskienė and Danutė Tvarijonavičienė at Alytus Community Health Centre Varėna's branch for a benevolent help and consultations during the research. They provided us with an access to the laboratory for the radiation measurements of our specimens and involved us in "The Programme for Radiometric Research of Mushrooms". We are most thankful to our teachers Laimutė Paigozina and Jolanta Žilionienė for the inspiration to take on this research. They led us all the way through the process, helping out in every possible way and gave an inexhaustible moral support.

REFERENCES

1. Nedveckaitė T., *Radiation protection in Lithuania*, Vilnius: Institute of Physics, 2004, 1–239, in Lithuanian.
2. Radiation Protection Centre, *Annual Report*, Vilnius, 2003.
3. Bitinas A., *Cartographic ecologic model of the Varėna region*, Vilnius: Institute of Geology, 1992, in Lithuanian.
4. Marcinkevičius V. 2001, Hydrogeological conditions of Varėna iron ore deposit. *Litosfera*, 5, 90–100.
5. Radiation Protection Centre, *Data base of mushroom radioactivity*, Vilnius, 2005, unpublished.

Vincas Būda: mokslas ir menas – vieno medžio žiedai

Gražina Radzvilavičiūtė

Manoma, jog jei jau esi gabus, pasirinkti gyvenimo kelią nebus sunku. Bet, kaip sako Gamtos tyrimų centro Ekologijos instituto Cheminės ekologijos ir elgsenos laboratorijos vadovas habil. dr. Vincas Būda, tai netiesa. Gabiems žmonėms gal net sunkiau apsispręsti, o ypač dabar, kai tenka daug aršiau kovoti dėl vietos po saule. Tačiau, kaip rodo šio menu besižavinčio mokslininko pavyzdys, jeigu pasirinktas kelias teisingas, – gailėtis neteks.

Iš V. Būdos asmeninio albumo

Vincas Būda rankose laiko feromoninę gaudyklę vabzdžiams

Pasirinkimas

„Turbūt visiems būna sunku, ypač gabiems. Mūsų laikais buvo mokyklų, kuriose koks nors dalykas buvo dėstomas sustiprintai. Mane tėvai leido į Vilniaus Antano Vienuolio vidurinę mokyklą, kurioje sustiprintai buvo dėstoma matematika, o sesę – į Salomėjos Nėries vidurinę, kur taip buvo mokoma anglų kalbos“, – mokyklos laikus mena ir apie nelengvą profesijos pasirinkimo kelią kalba Vincas Būda. Jam labai neblogai sekėsi literatūra, daugelis kitų dalykų, o matematikų, kaip pats sako, visada buvo geresnių už jį. Tačiau renkantis profesiją lemiamą vaidmenį suvaidino meilė gamtai ir domėjimasis mokslu. „Mūsų šeima į Vilnių atsikėlė gerokai pasibasčiusi po Lietuvą (kilnojomės iš vietos į vietą ne savo noru: abu tėvai buvo pedagogai, mama – iš tremtinių šeimos, o tokie žmonės darbe, ypač pedagoginiame, buvo nepageidaujami; kiekvienąkart šiai aplinkybei paaiškėjus tekdavo ieškoti vietos kitur...). Tad buvau toks kaimo vaikas mieste“, – šypsosi profesorius. Vaikystės prisiminimai apie gamtą paskatino apsispręsti: būsimojo mokslininko ateitis – ne matematika ar fizika, o gamta. Tačiau norėjosi ko nors modernesnio, todėl pasirinko biofiziką – anuomet dar naują, neįprastą studijų dalyką.

Dabar, Vinco Būdos nuomone, jaunimui sunkiau. Jo studentavimo laikais tarsi nereikėjo rūpintis niekuo: mokslas – nemokamas, baigęs studijas darbą būtinai gausi (netgi privalėsi paskirtoje vietoje 3 metus atidirbti), būstą irgi galėjai gauti, kad ir gerokai (dešimtmetį ar daugiau) pralaukęs. Dabar reikia viskuo pasirūpinti patiems, todėl nieko nuostabaus, jog jaunimas renkasi pelningesnes profesijas, o mokslininko darbas Lietuvoje, deja, įvertinamas nepakankamai.

Laimingas atsitiktinumas: pražiopsojo stojamąjį

Vis dėlto ne viskas ir Vincui klostėsi taip paprastai, kaip gali pasirodyti: juk, kaip pats sakė, sudėtinga, kai esi gabus, todėl

Paskaita jauniesiems tyrėjams

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKA

ir abejonių dėl pasirinktos specialybės buvo. „Antrame kurse sugalvojau, kad, matyt, neteisingai pasirinkau, tad gal vis dėlto stosiu į matematiką. Ten aiškiau, o ir draugų yra. Bet susiklostė taip, kad vasarą buvau išvažiavęs ir pražiopsojau stojamuosius egzaminus“, – pasakoja Vincas Būda. Taigi toks atsitiktinumas ir išgelbėjo – dabar mokslininkas sako, jog nieko nekeistų.

Studijuojant netrūko progų pabendrauti su mokslininkais ir susidaryti vaizdą, ką biofizikai veikia baigę universitetą. Vincas su bendrakursiais leido sienlaikraštį – toks leidinys anais laikais darbo ar akademiniuose kolektyvuose buvo madinga aktualijų viešinimo priemonė. Sienlaikraštyje jie sukūrė rubriką „Kur dirba biofizikai“. Tai buvo puiki dingstis pakalbinti jau dirbančius specialistus. „Eidavome į laboratorijas, susipažindavome. Parašydavome apie tai į sienlaikraštį, ir patiems pamažu aiškėjo, kur mūsų mokslas taikomas: vieni dirba medicinoje, kiti – su gyvūnais, treti – su augalais, kiti dar kitur“, – pasakoja Vincas.

Anot mokslininko, viskas labai priklauso nuo studento aktyvumo. „Juk tie galimi darbdaviai tikrai nežino, kad yra koks Jonas ar Petras – labai geras studentas. O kada pasimaišai po kojomis, apie tave jau ir sužino“, – pastebi profesorius.

Geresni biologai

Kas ta biofizika? Profesorius turi tokį atsakymą: biofizikai – tai gerai parengti biologai. Ir čia pat mokslininkas paaiškina, kuo skiriasi biologas nuo gamtininko, mat žmonės juos dažnai painioja. Gamtininkas gerai pažįsta gamtą, bet nelabai gilinasi į procesus. Pavyzdžiui, gamtininkas puikiai atpažįsta, koks paukštis čiulba, žino, kur jis suka lizdą, kiek deda kiaušinių. O biologą domina, nuo ko toji dėtis priklauso: mitybos, genotipo, koks tos paukščių rūšies dėties optimumas.

„Mes sakydavome, kad baigę biofiziką vis dar nežinome, kur ji prasideda, o kur baigiasi“, – prisimena mokslininkas. Tačiau toks abstraktumas – ne trūkumas, greičiau netgi pranašumas. Šiais laikais įvairių mokslo sričių ribos išnykusios, viskas glaudžiai susiję, persipynę. Štai ir pats Vincas Būda, tyrinėdamas vabzdžių reakcijas į įvairias biologiškai aktyvias medžiagas, išrado ir sukonstravo prietaisą, kuris registruoja ir suskaičiuoja, kiek sykių vabzdys suplasnoja sparnais veikiamas vienos ar kitos medžiagos, vieno ar kito aplinkos veiksnio. Šis išradimas suteikė galimybę gana neapibrėžtas elgesio reakcijas įvertinti pagal griežtą kiekybinį kriterijų, t. y. jas išmatuoti. Metodas ir prietaisas buvo pritaikyti jonizuojančios spinduliuotės, feromonų ir kt. poveikiams vertinti. Taigi galima sakyti, jog biofizikai – devynių amatų meistrai.

Šlifavo devynerius metus

Baigęs studijas biofizikas sulaukė įvairių darbo pasiūlymų. Bet, kaip prisimena, tada finansai neatrodė svarbiausias dalykas. Ir ne todėl, kad jų pakako viskam. Tiesiog buvo kitokie laikai. Dabar sunku suvokti, bet ne visada turėdamas pinigų galėjai pirkti tai, ko reikėtų, mat parduotuvėse nebūdavo net elementariausių dalykų... Taigi ieškant darbo nebuvo prasmės siekti vien tik finansinės gerovės.

Kai Vincas apsisprendė, jog nori tapti mokslininku, reikėjo pasirinkti sritį. „Atsidūriau Zoologijos ir parazitologijos institute. Ten buvo tiriamos bitės, buvo pradėti jų feromonų tyrimai“, – prisimena profesorius. Jis tuo metu kaip tik buvo susidomėjęs gyvūnų komunikacija, norėjo pažinti gyvūnų kalbą – perprasti, kaip jie bendrauja, sąveikauja. Tuo mokslininkai domėjosi ir kituose pasaulio universitetuose. Gerai, jog susirašinėjimas su užsienio mokslininkais nebuvo labai griežtai kontroliuojamas, tad buvo galima keistis straipsnių atspaudais, ir jų suplaukdavo nemažos krūvos.

Gyvūnų komunikacija – paslaptinga, susidomėjimą kelianti sritis. Akustinės ir regos sistemos mums artimesnės, aiškesnės ir suprantamesnės, kadangi mes patys jomis naudojamės. Tačiau daugelis gyvūnų bendrauja cheminiais signalais – tai, pasak mokslininko, tyli kalba, be žodžių, bet labai efektyvi.

Beje, Vincas disertaciją rengė devynerius metus. Buvo ir priekaištų („kam tu tiek ilgai ją darai?“), tačiau mokslininkas sako, jog norėjo, kad viskas būtų ne tik kuo tobuliau padaryta, bet ir nušlifuota iki smulkmenų. O disertacijos recenzentė stebėjosi disertanto ramybe ir pasitikėjimu, mat jai pasirodė neįprasta, jog jis nė nebandė su ja susisiekti prieš gynimą, sužinoti, kokius klausimus ji ruošiasi pateikti, kad galėtų iš anksto pasiruošti atsakymus.

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKA

Vincas Būda *Idėjų mugėje* su eksperte Reda Grigutyte

Ekspedicijos

Kuris gamtos mokslų studentas nesvajoja išvykti ekspedicijon į kokį nors tolimą, egzotišką kraštą? Svajojo ir Vincas Būda. Tais laikais studentų statybiniai būriai važiuodavo į Sibirą, o Vincui labai norėjosi pakliūti į tokį būrį, Sibirą pamatyti. „Baigusį penkis kursus mane priėmė į tą būrį. Ir nuvažiavau! Gamta – neišpasakyta. Plauki Obės upės platybėmis, aplinkui – tokios lygumos, kad neapsakysi... Nei tokių upių, nei tokių lygumų Lietuvoje mes neturime. Nors, beje, teko gyventi ir Kėdainių – lygumų – krašte, todėl man lygumos yra labai gražios, nė kiek ne prastesnės nei kalvos“, – žavėjosi mokslininkas. O ką jau kalbėti apie tai, jog tokia įspūdžių kupina kelionė sutvirtino pasirinkimą. Antrąsyk Sibire Vincas pabuvojo apsigynęs disertaciją. Ją gynė 1981 metais Maskvos valstybiniame M. Lomonosovo universitete, o ten buvo ir iš Sibiro atvažiavusių mokslininkų. Taip atsitiko, jog jaunas mokslininkas buvo pakviestas į antrąją savo ekspediciją į Sibirą, šįsyk į Tuvą – tyrinėti vabzdžių feromonų.

Antrojoje ekspedicijoje netrūko ir komiškų įvykių. Vincas prisimena, kaip sykį juos važiuojančius pakeleivingu medienos prikrautu sunkvežimiu (kitokio transporto tokiose vietose nebuvo) sustabdė milicininkas[1] ir paklausė, kas jie būsią. „Mes atsakome: mokslininkai. Milicininkas klausia kokie. Atsakome esą entomologai. Milicininkas gudriai prisimerkęs egzaminuoja toliau: „O entomologija – mokslas apie ką?“ – „Apie vabzdžius.“ – „Teisingai! Galite važiuoti!“ – tarsi anekdotą pasakoja mokslininkas. Tiesiog tada tose vietose, matyt, gaudė nusikaltėlius, o toks egzaminas tebuvo būdas išsiaiškinti, ar jie neapsimeta mokslininkais.

Ir sportuoti, ir rašyti

Anot Vinco, kad sėkmingai dirbtum mokslininku, reikia tokių dalykų, kurie turbūt, daugelio nuomone, nereikalingi: tai sportas ir įvaldyta plunksna. Sportas padeda pailsėti, numalšinti stresą, atgauti jėgas ir pailsinti galvą. Mokslininkams sportuoti ypač svarbu, nes jie praleidžia daug laiko sėdėdami prie straipsnių, kompiuterių ar darydami bandymus, o ilgainiui tai atsiliepia sveikatai, ypač jei nesi treniruotas...

Sportas labai padeda atsigauti po ilgų darbo valandų: pavyzdžiui, visą dieną įtemptai padirbėjus, padėliojus pavyzdžius – juk dėl vieno netikslaus judesio viskas gali subyrėti, skauda visą kūną. Tada padėti gali tik mankšta. O persitempti moksle labai lengva – ką nors tyrinėjant ir ieškant atsakymų užvaldo azartas, viską aplink pamiršti. „Kartą eidamas namo po intensyvios darbo dienos – ilgo žiūrėjimo pro mikroskopą – pamačiau danguje sinchroniškai ratus sukančius du vanagus. Pagalvojau: kaip jie gali taip tobulai vienodai sklęsti? Ir tik tada supratau, kad man jau dvejinasi akyse“, – šypsosi mokslininkas.

Kitas labai svarbus dalykas – mokėjimas rašyti. Profesorius sako, jog kiekvienas mokslininkas turi būti įvaldęs kelis rašymo stilius: mokslinio straipsnio, mokslo populiarinimo straipsnio ir enciklopedinį stilių. Juk jie visi tokie skirtingi!

Dailė – dar vienas svarbus mokslininko pomėgis. Kaip ir sportas, domėjimasis daile ir parodų lankymas padeda atsigauti, pasisemti idėjų. Beje, profesorius turi labai gražią teoriją apie mokslo ir meno vietą visuomenėje. Įsivaizduokime, jog visuomenė – medis. Vieni dirbantieji yra šaknys, maitinančios visą medį, kiti – kamienas, šakos ir gležni lapai, gaudantys saulės spindulius ir minifabrikėliuose sintetinantys daugybę medžiagų, o mokslas ir menas – šio medžio žiedai. Galbūt kartais sunku rasti maisto medžiagų žiedams išmaitinti, ir jei šaknys nuspręstų žiedams tų medžiagų neeikvoti, medis žiedų niekada nesukrautų ir nepražystų. Taip gal ir pavyktų sutaupyti, tačiau ne tik prarastume galimybę grožėtis nuostabiais žiedais, bet nebūtų subrandintos ir sėklos, iš kurių išaugtų nauji medžiai. Mokslininkas prasitarė, jog svajoja išleisti mokslo populiarinimo knygą. Tikėkimės, ši svajonė taps realybe ir jaunieji tyrėjai galės ne tik klausytis Vinco Būdos paskaitų, bet ir žavėtis mokslu, skaitydami jo parašytą kūrinį.

[1] Tuometis policininko atitikmuo.

Mokslas – kaip romanas

Dalia Ignatjeva

„Dabar mokiniai labai motyvuoti, aš tokia nebuvau“, – jaunųjų tyrėjų gabumais, darbštumu ir atkaklumu džiaugiasi jų mokslinių darbų vadovė Vilniaus universiteto Biochemijos instituto vyresnioji mokslo darbuotoja dr. Virginija Bukelskienė. Tačiau dar nedaugeliui jaunųjų tyrėjų pasisekė susipažinti su šia mokslininke, nes jos laboratorijos duris praveria tik patys atkakliausi.

Iš V. Bukelskienės asmeninio albumo

Virginija Bukelskienė: „Koks sudėtingas ir kruopštus darbas tirti ląsteles, gali įvertinti tik tas, kuris darė panašius tyrimus.“

Biochemijos institute studentai rengia diplominius darbus, o mokiniai pradeda pirmuosius mokslinius tyrimus. Ir su vienais, ir su kitais mokslininkė susipažįsta skaitydama paskaitas. „Ląstelės dažnam patinka, o kai papasakoji apie kamienines ląsteles, jos daug ką tiesiog užburia...“ Todėl po paskaitų mokiniai neslepia susižavėjimo ir noro bent trumpai žvilgtelti į ląsteles – o gal teks laimė ir patyrinėti... Į klausimą, kodėl taip domimasi kamieninėmis ląstelėmis, mokslininkė atsako, kad iš dalies tai ir mados reikalas. „Dar prieš ketverius-penkerius metus buvo žadama, kad vos ne rytoj pradėsime gydytis ląstelėmis ir nebereikės vaistų. Bet taip nenutiko, nes apie kamienines ląsteles žinoma dar labai mažai – jos elgiasi visiškai kitaip negu kitos ląstelės.“ Tai, kad šioje mokslo srityje yra ką veikti, paskatino ne vieną tyrėją kreiptis į Virginiją: „Po paskaitų negaliu atsiginti mokinių. Jie rašo laiškus, prašo priimti į laboratoriją daryti tiriamųjų darbų. Gaila, bet dažnai tenka juos nuliūdinti prisipažįstant, kad neturiu laiko.“ Tačiau, kad ir kaip jo trūktų, V. Bukelskienė jau vadovauja antram mokinių moksliniam darbui, nes, jos žodžiais, patys atkakliausi pasiekia savo. Prieš dvejus metus darbo, kuriam vadovavo biochemikė, autoriai tapo Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkurso nacionalinio etapo laureatais ir atstovavo Lietuvai Paryžiuje vykusiame konkurse[1]. Džiugo Meškelevičiaus ir Dovilės Budzinskaitės darbas buvo iššūkis ne tik jiems patiems, bet ir jų vadovei: „Džiugas atsinešė Tibeto vienuolių pagamintą tabletę – vaistą, skirtą smegenų vėžiui gydyti. Vaikinas norėjo ištirti, kaip šis preparatas veikia nervinio audinio vėžines ląsteles. Kokių medžiagų yra ir koks jų kiekis toje tabletėje, nežinojome. Ilgai galvojome, kaip ištirti, ir iki šiol nesu tikra, kad priimtas sprendimas buvo geriau-

[1] Apie tai skaitykite pirmajame *Jaunojo tyrėjo* numeryje.

Administraciniai rūpesčiai atima laiko

Iš V. Bukelskienės asmeninio albumo

sias. O kol buvau komandiruotėje, Džiugui kilo naujų idėjų, kurios dar iki man sugrįžtant jau buvo įgyvendintos Chemijos institute.“ Mokslininkė džiaugiasi ne tik darbo rezultatais, bet ir užsimezgusia draugyste: „Su Džiugu mes tapome draugais.“

Dabar mokslininkė su jaunosiomis tyrėjomis Lauryna Griniūte ir Beata Vekeriotaite tiria, kaip žoliniai preparatai veikia dantenų kamienines ląsteles. Jų darbo tikslas – įrodyti, kad naudojant Lietuvoje paplitusių vaistažolių antpilus galima stiprinti dantenas ar net gydyti jų žaizdas. Naudodamos laboratorijoje auginamas triušio dantenų kilmės kamienines ląsteles, jos vertina žolinių preparatų poveikį šių ląstelių dauginimuisi, diferenciacijai ar net žuvimui. Šių metų Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkurso nacionaliniame etape merginos užėmė pirmąją vietą, jų darbu susidomėjo ir Vilniaus universiteto ligoninės Žalgirio klinikos odontologai. Paklausta, ar tik šių merginų darbui ji vadovauja, biochemikė atsakė, kad nors merginos tik dvi, yra ką veikti. „Koks sudėtingas ir kruopštus darbas tirti ląsteles, gali įvertinti tik tas, kuris darė panašius tyrimus.“

Dr. Virginija Bukelskienė ne tik atlieka tyrimus, yra Vivariumo vedėja, bet ir VU Biochemijos instituto direktoriaus pavaduotoja mokslui. Todėl jaunųjų tyrėjų vadovė teigia, kad darbas su mokiniais yra tikras laisvalaikis – tam laiko lieka tik vakarais ir savaitgaliais. Ji džiaugiasi, kad vaikai domisi mokslu ir mokslinius tyrimus pradeda dar būdami mokiniai. Anksčiau vaikai apie tai galėjo tik pasvajoti, nebent namuose įsirengti mažytę laboratoriją arba, kaip kad dažniausiai ir būna vaikystėje, eksperimentuoti su viskuo, kas yra namuose (net ir su rūpestingai tėvų slepiamais daiktais ar medžiagomis). Į laboratoriją atėjusiems padirbėti mokiniams biochemikė padeda anksti apsispręsti dėl ateities. Tyrėjų vadovė sako pastebėjusi, kad Jaunųjų mokslininkų konkurso laureatai darbus dažniausiai daro mokslo centruose. „Iš konkurso laureatų reikalaujama kaip iš mokslininkų: mokslinius darbus atlikti tam tikromis sąlygomis, apžvelgti pasaulinę mokslinę literatūrą, duomenis įvertinti statistiškai. Ne visada yra tokių galimybių. Todėl gerbiu mokytojus, kurie skatina mokinius atrasti naujų dalykų tomis sąlygomis, kurios jiems prieinamos. Palyginti su mokyklose daromais darbais, moksliniuose centruose atliekami mokinių darbai atrodo rimtesni, nes centruose yra reikiamų prietaisų, kuriais galima gana tiksliai pamatuoti, reagentų, kurių nėra mokyklose. Tačiau mokslo centruose darbus dažniausiai gali daryti tik tie, kurie gyvena didmiesčiuose arba netoli jų, yra drąsesni ar aktyvesni. Man labai gaila, kad kol kas ne visi norintys vaikai turi tokių galimybių. Beje, aš taip pat buvau provincijos vaikas, baigiau Biržų 1-ąją vidurinę (dabar „Atžalyno“) mokyklą.“

Jaunųjų tyrėjų vadovė pastebėjo, kad į institutą tyrinėti atėję mokiniai daug kuo domisi, nori mokytis, yra smalsūs ir darbštūs, susidūrę su problemomis bando jas spręsti savarankiškai. Iš to, kaip jie dirba laboratorijoje, galima spręsti ir apie jų būsimą profesiją. Taip pat būna ir su studentais: vieni labai skuba ir dirba tik dėl to, jog

reikia dirbti, o kiti į viską gilinasi, klausinėja. Mokslininkė prisimena studentę, kuri darydama eksperimentą spėdavo ir romaną paskaityti, tačiau prisipažįsta: „Romanų skaitymo ir mezgimo laboratorijoje netoleruoju. Juk yra tiek daug su tyrimais susijusių darbų, kuriuos galima padaryti, kol vyksta eksperimentas, pavyzdžiui, susirasti literatūros ar perskaityti mokslinį straipsnį.“ Tie, kuriems mokslas prie širdies, dažniausiai po magistrantūros studijų nusprendžia toliau mokytis doktorantūroje. Bet, pasak biochemikės, mokslininkų niekas pinigais nelepina. Todėl „kartais jaunas žmogus, baigęs studijas ir susidūręs su tikrove, mielą darbą pakeičia kitu, kuris galbūt neteikia tiek malonumo“.

V. Bukelskienė prasitarė, kad jai labai patiko mokytis, ruošdamasi matematikos ir biologijos olimpiadoms daug knygų perskaitė. Taip buvo kilusi idėja pagaminti skiepus, kurie apsaugotų žmones nuo kelių ligų iš karto. Rimtai svarsčiusi, ką studijuoti: matematiką ar biologiją, jaunųjų tyrėjų vadovė atrado kitą labai įdomią mokslo sritį – biofiziką. „Maniau, kad tai kažkas nepaprasto – mokslų mokslas. Biofizika kliedėjau kelerius metus, bet negalvojau, kad vieną dieną tapsiu ląstelių tyrinėtoja. Būdama Vilniaus universiteto Gamtos mokslų fakulteto biofizikos trečio kurso studentė atėjau į Biochemijos institutą apsižvalgyti ir čia likau daugiau kaip trims dešimtmečiams. Bet šių dienų mokslinis darbas skiriasi nuo to, kokį jį įsivaizdavau. Maniau, kad dirbsiu laboratorijoje, darysiu eksperimentus, gausiu rezultatus, juos analizuosiu ir vėl toliau ko nors ieškosiu. Nenumaniau, kad bus tiek daug biurokratijos, o jai reikia skirti daug laiko.“

Mokslinį darbą sudaro daug etapų, toli gražu ne tik tyrimai. Kad galėtum džiaugtis šiuo turbūt daugeliui tyrėjų smagiausiu etapu, pirmiausia turi žinoti, ką naudingo gali padaryti, – vadinasi, turi daug skaityti, po to išsiaiškinti, kaip gali įgyvendinti idėją. Pasak mokslininkės Virginijos Bukelskienės, idėjos turi būti nuosekliai įgyvendintos nuo pradžios iki galo. „Pažįstu mokslininkų, kurie kiekvieną dieną mesteli naujų idėjų ir prašo kolegų jas tikrinti. Bet tai juk ilgas, nuoseklus ir kruopštus darbas! Tiesą pasakius, vienadienių idėjų kūrėjais nelabai žaviuosi.“

Kai pavyksta įgyvendinti savo sumanymus, ateina laikas ir straipsniui. To išvengti negali net ir tie mokslininkai, kurie nedraugauja su plunksna. Juk tai kone svarbiausias padaryto darbo įrodymas ir mokslininko darbo vertinimo rodiklis. Virginija Bukelskienė svajoja, kad ateityje turės daugiau laiko ir galės rašyti ne tik mokslinius, bet ir mokslo populiarinimo straipsnius. „Turiu ir mokytojo gyslelę. Man patinka vaikams rašyti ar pasakoti, o pats įdomiausias dalykas – ruoštis paskaitai ir vėliau ja sudominti klausytojus.“ Dr. V. Bukelskienei iš visų mokslinio darbo etapų labiausiai patinka skaityti mokslinę literatūrą – ieškoti, kas naujo atrasta ir ką dar galima padaryti. Kaip tik taip biochemikė ir apibūdina mokslininką – „tai žmogus, kuris visą laiką ieško ko nors naujo“. Tik yra viena sąlyga, kurios nevalia pamiršti: visi mokslo atradimai, išradimai turi būti skirti žmogaus gerovei.

Pasak Virginijos Bukelskienės, mokslinis darbas leidžia atsiskleisti žmogaus kūrybingumui. Monotonija? Jos nėra, nes kiekvieną dieną įdomiau nei prieš tai buvusią – „rodos, kaip romaną skaitytum ir skaitytum“... Tačiau tam, kad būtum mokslininkas, reikia turėti galvą ir rankas. „Vienas profesorius dar pridurdavo: ir tvirtą užpakalį – kad išsėdėtum...“ Tačiau mokslinis darbas ne tik reikalauja daug kantrybės ir jėgų, bet ir jų suteikia. Juk gamtos paslaptis pirmiausia įmena mokslininkai ir tik vėliau su jomis, jau kaip su savaime suprantamais dalykais, susipažįsta žmonija. Galbūt todėl mokslininkai neskaičiuoja darbo valandų, ilsėdamiesi dirba, o dirbdami ilsisi. Bet žmogus – ne robotas (o ir šie genda). Tai kaip pailsinti galvą, kad vėl iš visų jėgų kibtum į darbą? „Reikia tiesiog šiek tiek pavogti laiko sau“, – šypsosi jaunųjų tyrėjų vadovė.

Atostogos... prie Ženevos ežero

Iš V. Bukelskienės asmeninio albumo

Užduotis – išsiaiškinti, kodėl

Gražina Radzvilavičiūtė

Fizinių mokslų daktarė Vilniaus universiteto docentė Inga Čikotienė dėl savo profesijos abejonių neturėjo. Pasirinkimas buvo vienintelis: studijuoti chemiją Vilniaus universitete. Juk chemija ją žavėjo dar mokykloje. Mokykliniai bandymai jau praeityje, o šių dienų aktualijos – moksliniai tyrimai. Mokslinis darbas ne visada sklandus ir nuspėjamas, tačiau reakcijos, kurios vyksta ne taip, kaip turėtų, Ingai dar įdomesnės. O kur dar visi kiti iššūkiai, su kuriais kasdien susiduria šiuolaikinis mokslininkas...

Organinės chemijos laboratorijoje – nuo antro kurso

Lankėte chemijos būrelį Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centre. Kaip ten atsidūrėte?

Pradžių pradžia – aštunta klasė, kai susidomėjau chemija. Turbūt tai buvo vienintelis dalykas iš viso mokyklos kurso, kuris mane kažkuo sužavėjo. Pradėjau ieškoti papildomos literatūros, gilintis, domėtis, kur galima būtų dar daugiau išmokti ir savo žinias taikyti. Netyčia per televiziją pamačiau Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centro reklamą ir sužinojau, kad be visų kitų, kviečia ir chemijos būrelis. Jau kitą dieną patraukiau tiesiai ten.

Visi žino, ką vaikai veikia šokių ar dainavimo būreliuose. O chemijos būrelyje?

Mokykloje praktiniams darbams nebuvo sąlygų. O būrelyje darėme eksperimentus. Mokėmės išsiauginti kristalų, atlikti reakcijas, kurių metu kinta spalva, ir panašių „gudrybių“. Žodžiu, įžanga – nedideli darbeliai. O vėliau prasidėjo pirmieji tiriamieji darbai. Tyrėme lietaus rūgštingumą, vandens kokybę, gaminome įvairių spalvų molį. Būrelį lankiau nuo devintos klasės iki tol, kol baigiau mokyklą.

O kodėl Jums patiko būtent chemija?

Negaliu pasakyti. Žavėjo, ir viskas. Mokykloje labai daug priklauso ir nuo mokytojų, o chemijos mokytoja buvo labai reikli, tai įpareigojo labai stengtis.

Tikriausiai baigus mokyklą nebuvo sunku pasirinkti, ką studijuoti?

Ne. Žinojau, kur stoti, ir žinojau, kodėl. Rinkausi chemiją, apie jokį kitą variantą nė nemąsčiau.

Trečiame kurse chemikai specializuojasi. Kaip pasirinkote kryptį?

Organinė chemija kaip privalomas dalykas prasidėjo antrame kurse. Man ji patiko, o ir baigiamojo darbo rengti į laboratoriją atėjau kiek anksčiau. Taigi organinės chemijos laboratorijoje esu nuo antro kurso.

IŠ I. ČIKOTIENĖS ASMENINIO ALBUMO

Pagrindinis – pedagoginis darbas

Esate jaunųjų tyrėjų darbų ir idėjų vertinimo komisijos narė ekspertė. Kas skatina dirbti ne tik su studentais, bet ir su mokiniais?

Man tai įdomu. Pamatau mokinius, besidominčius mokslu, jo perspektyvomis, o tai mane labai džiugina. Kai kuriuos mokinius, pristatinėjusius savo darbus kuriame nors konkurse, vėliau sutinku fakultete. Tikrai yra motyvuotų mokinių, kurie anksti ir sąmoningai pasirenka chemiją.

Ką konkursuose mokiniams patariate? Apie ką kalbate?

Sakyčiau, mokinių galimybės yra gana ribotos. Daug priklauso nuo jų vadovų mokytojų ir nuo sąlygų, kurias mokykla gali

Inga Čikotienė konferencijoje Slovėnijoje

Iš I. Čikotienės asmeninio albumo

suteikti. Ne kiekvienoje mokykloje yra chemijos laboratorija, reikiamų reagentų. Kelerius metus iš eilės pastebiu, kad jaunųjų tyrėjų chemijos darbai kartojasi, trūksta naujų idėjų. Tačiau tai ne mokytojų ar mokinių kaltė. Labiausiai reikia skatinti mokytojų ir mokslininkų bendradarbiavimą, įsileisti mokinius į laboratorijas ir daugiau jiems parodyti, suteikti galimybę padirbėti. Taigi ir mokinių konsultavimas būna toks: jeigu aš pati toje srityje nedirbu, bet pažįstu žmogų, kuris išmano daugiau už mane, pasiūlau kreiptis į jį. Ir pas mus į Chemijos fakultetą savaitgaliais ateina padirbėti vienuoliktokai ar dvyliktokai.

O kas jums apskritai labiausiai patinka dėstant?

Pedagoginis darbas yra mano pagrindinis darbas. Jeigu aš matau, kad mano paskaitos buvo naudingos studentams, jaučiu, kad darbas atliktas ne veltui. Labai svarbu, kad studentai sugebėtų įgytas žinias pritaikyti.

Daug kas kalba, kad dažnai studijuojama tik dėl diplomo, o studentai reiškia priekaištus dėl studijų kokybės. O kokių sunkumų patiria dėstytojai?

Sunkiausia dirbti su nemotyvuotais studentais. Juk šiam mokslui reikia gabumų, intuicijos, būtinos chemijai, o ir pats darbas yra sudėtingas. Žinoma, ne visi gali būti mokslininkai ar gydytojai, reikia mokėti teisingai pasirinkti.

Vykote dėstymo vizitų į Švediją, Vokietiją. Galite palyginti dėstymą ir studentus kitose šalyse ir pas mus?

Mano dėstymo vizitai buvo trumpi – savaitė paskaitų. Tai buvo gera dėstymo anglų kalba praktika. Ypač didelių skirtumų nepastebėjau. Viskas taip pat: dėstytojas skaito paskaitas, o studentai arba miega, jei yra atsitiktinai užklydę į tą specialybę, arba klausosi, uždavinėja klausimus, jei jiems dėstoma tema yra įdomi.

Pirmas žingsnis atradimų link

Be pedagoginio darbo, dar galite pasidžiaugti ir netrumpu mokslinių publikacijų sąrašu. Ar pavyksta suderinti mokslinį ir pedagoginį darbą?

Tikiuosi, kad pavyksta. Negalėčiau pasakyti, kad norėčiau dirbti vien pedagoginį ar vien tik mokslinį darbą. Norėčiau abu juos derinti ir ateityje. Man patinka sritis, kurioje aš dirbu: nagrinėti ką nors naujo, atrasti dėsningumus.

O ar dalijatės su studentais savo atradimais?

Taip, žinoma. Ypač su tais, kurie ateina dirbti į laboratoriją ir domisi jais.

Papasakokite, koks jūsų mokslinis darbas?

Mane labiausiai žavi ir domina cheminės reakcijos, kurios yra ypatingos: vyksta ne pagal žinomus dėsningumus. Taigi bandau tuos dėsningumus įžvelgti, suformuluoti. Mes tai vadiname organinių reakcijų mechanizmų tyrimais. Remiantis mūsų ištirtomis reakcijomis, galima kurti naujus organinių junginių sintezės metodus. Visada ieškoma tinkamiausio būdo norimam junginiui susintetinti. Be to, svarbu, ar naujas sintezės metodas gali būti sėkmingai taikomas pramoninėje gamyboje. O ieškant susintetintų junginių pritaikymo galimybių (pavyzdžiui, optoelektronikoje, biochemijoje, vaistinių medžiagų gamyboje), labai svarbus bendradarbiavimas su kitų sričių mokslininkais – fizikais, biologais, biochemikais.

Galima sakyti, kad chemija – pirmasis žingsnis atradimų, lengvinančių kasdienį žmonių gyvenimą, link?

Taip, mokslininkai yra pirmoji grandis. Kasdieniame gyvenime turbūt niekas nesusimąsto apie mūsų darbus, jų nemato, nes tai yra moksliniai tyrimai, bet iš jų atsiranda tai, kuo naudojasi šiuolaikinis žmogus.

Geriausia motyvacija – savarankiškas darbas

Kaip sudominate, skatinate į laboratoriją atėjusius studentus?

Visų pirma studentas turi susipažinti su laboratorijos taisyklėmis, tada gauna užduotį

atlikti ką nors nesudėtingo, jau patikrinto. Vėliau leidžiame studentui laboratorijoje pasikrapštyti vienam. Tačiau būna, jog pagal pasiūlytą metodiką reakcija nevyksta. Jeigu studentas tiesiog nuleidžia rankas: „ai, nevyksta, na ir nereikia...“, aišku, kad žmogus neapsisprendęs rimtai dirbti. O jeigu jis toliau skaito, domisi, klausinėja kolegų, ieško kitokių būdų tai problemai išspręsti, reiškia, stengiasi. Jeigu išsprendžia tokią problemą, jis gali dirbti savarankiškai.

Jums studijuojant ir jau dirbant laboratorijoje irgi ne kartą yra atsitikę taip, jog reakcija nevyko ir reikėjo rasti sprendimą?
Rengdama daktaro disertaciją nagrinėjau gana neįprastas reakcijas ir dariau prielaidas, kodėl viskas vyksta kitaip, negu turėtų, ir aptikau tam tikrų dėsningumų, sugebėjau paaiškinti. Aišku, ne viskas vyko sklandžiai, teko gerokai pasukti galvą, tačiau akimirkų, kai maniau, kad nieko neišeis, nebuvo. Man chemija labai patinka. Aš kaip tik jaučiu pasitenkinimą, kai reakcijos vyksta neįprastai, o mano užduotis – išsiaiškinti, kodėl. Galima pasakyti, kad visa mano disertacija buvo iš nepavykusių reakcijų: tokių, kurias susiplanavau, užrašiau popieriuje, o jos vyko kitaip...

Ar atradimai yra pagrindinis mokslinio darbo tikslas?
Nėra taip, kad mokslininkas ateina į darbą aštuntą valandą ryto ir darbo diena baigiasi kokiu nors atradimu. Tai yra ilgo darbo rezultatas, jis nenukrinta iš dangaus. Negalima sakyti, jog atradimas yra tikslas. Ir ką mes vadiname atradimu? Būna, kad maži pastebėjimai vėliau padeda perprasti svarbius dalykus. Negalima tų mažų pastebėjimų nurašyti ar pavadinti nereikšmingais lyginant su didžiaisiais atradimais. Atradimai tiesiog yra arba jų nėra. O mokslinio darbo trokštamu vaisiumi ir sėkme laikau galimybę tyrimus kur nors pritaikyti. Puiku, jei randi tam tinkamą sritį. Geras įvertinimas – tai ir kolegų dėmesys. Malonu, kai apie tavo darbą diskutuoja, mini moksliniuose straipsniuose.

O ar sunku apie visą atliktą darbą dar ir mokslinę publikaciją parašyti?
Jeigu medžiaga yra verta dėmesio, tai tikrai nesunku. Žodžiai tiesiog liejasi, tai yra malonumas.

Atostogos Alpėse

IŠ I. ČIKOTIENĖS ASMENINIO ALBUMO

Darbas laboratorijoje – komandinis

Kaip dirba mokslininkų komanda? Ar esate pasiskirstę vaidmenimis?
Kiekviename kolektyve yra įvairių žmonių: vienas – lyderis, kitas labiau linkęs būti vykdytoju, nes mėgsta įprastus, staigmenų nežadančius darbus „nuo – iki“. Ir vieni, ir kiti žmonės yra vertinami.

O kokį vaidmenį priskirtumėte sau?
Kol aš buvau studente, man patiko dirbti savarankiškai – vienai. Pasitikėjau savo jėgomis, žinojau, ką galiu padaryti. Man buvo sudėtinga komandoje derintis prie kitų, nes mėgstu viską padaryti greitai. Kartais perimdavau kito pareigas, kad tik greičiau gaučiau rezultatą. Suprantama, tai nebuvo toks komandinis darbas, koks turėtų būti. Dabar viskas pasikeitė, vykdome įvairius mokslinius projektus, tad tenka vadovauti kolektyvui. Reikia suburti grupę, kad ji atliktų kokią nors konkrečią užduotį. O gero vadovavimo reikia mokytis ne vienus metus – tai nėra taip paprasta, kaip atrodo.

O kokia yra sėkmingo vadovavimo paslaptis?
Matyt, aš dar neatskleidžiau šios paslapties. Tai ilgas procesas. Žinau, kad jeigu darbai vyksta, o jų rezultatas – patikimas, jeigu žmonės niekur nebėga ir pasilieka dirbti toje grupėje, reiškia, kad vadovas neblogas. Apie vadovus daugiausia pasako žmonės, kurie su jais dirba.

Mokslininkas

Ką mes vadiname mokslininku?
Ką mes vadiname mokslininku... Juk mokslininkas mokslininkui nelygu. Kai kas skirsto mokslinę karjerą į horizontaliąją ir vertikaliąją. Horizontalioji – kai mokslininkas domisi savo sritimi, gilina savo žinias, nagrinėja savo srities problemas, dalyvauja konferencijose ir pan. O vertikalioji – kai mokslininkas stengiasi užimti lyderio pozicijas ir vadovauti.

Aš manau, kad mokslininkas turi būti ne tik geras savo srities specialistas ir pasiekti reikšmingų rezultatų. Labai svarbu, kaip jis tuos rezultatus pateikia. Jeigu jis tik laiko viską savyje ir niekur neviešina, niekam nepasakoja ir konferencijose neskelbia, viskas taip ir lieka tik jo idėjomis ir rezultatais. Mokslininkas negali būti visiškai introvertiškas, jis turi mokėti savo darbą įdomiai, patraukliai pateikti ir sudominti visuomenę, nebūtinai tos srities specialistus.

Jeigu mokinys paklaustų, ko reikia norint būti mokslininku, ką jam atsakytumėte?
Reikia gerai išmanyti konkrečią sritį ir nebijoti ieškoti atsakymų į iškilusius klausimus, spręsti problemas. Mokslininkui kasdieniniame darbe dažnai tenka akis į akį susidurti su įvairiais nežinomais, sunkiai paaiškinamais dalykais. Dažnai niekas iš šalies negali pasufleruoti atsakymo ar padėti. Jeigu tokius iššūkius žmogus priima, nenuleidžia rankų ir neišsigąsta, jis gali būti mokslininkas.

Esu toks, koks esu

Dalia Ignatjeva

Ką tiria Vilniaus universiteto Biochemijos instituto Molekulinės mikrobiologijos ir biotechnologijos skyriaus vedėjas dr. Rolandas Meškys? Jei jo tyrimų objektas neegzistuotų, daug lengviau įvertintume organizmų gausą Žemėje, nes turbūt nebūtų ką vertinti☺ Arba augalai būtų ne tokie, kaip dabar, gyvūnai kitaip virškintų maistą, žmonių nebegąsdintų blogosios bakterijos. O mikrobiologams tektų rinktis kitą profesiją...

Jaunojo tyrėjo nuotrauka

Rolandas Meškys Jaunųjų tyrėjų vasaros mokykloje

Kaip nutiko, kad tapote mokslininku?

Visada norėjau ką nors tyrinėti – ypač gamtą. Pirmą herbariumą surinkau dar pradinėse klasėse. Aštuntokas jau žinojau, kad būsiu biochemikas. Bet jei juo nebūčiau tapęs, būčiau archeologas, nes vaikystėje daug laiko praleidau archeologinėse ekspedicijose tirdamas Lietuvos akmens amžiaus gyvenvietes. O jei nebūčiau archeologas, greičiausiai būčiau entomologas. Žinoma, tėvai taip pat turėjo įtakos: jie sakė, kad įdomiausia dirbti ten, kur yra mokslų sankirta. O biochemija yra tarpdisciplininis mokslas: ir gamta, ir chemija. Pastaruoju mokslu domėjausi nuo mažens, namuose dariau įvairių bandymų – juk nebuvo kito būdo įgyti eksperimentinio darbo patirties.

Kokia buvo Jūsų pirmoji mokslinio darbo patirtis?

Tai buvo archeologinės ekspedicijos. Jas organizavęs dr. Algirdas Girininkas buvo mano pirmasis mokytojas mokslininkas. Juk nesvarbu, kas tu esi: biochemikas ar archeologas. Turi atlikti eksperimentą arba ką nors atkasti, viską sudėlioti į lentynėles, t. y. klasifikuoti, įvertinti, aprašyti, kurti hipotezes ir toliau tirti. Ekspedicijose pamačiau, kad svarbiausia ne tik atkasti, po to dar reikia viską surūšiuoti, sunumeruoti, nubraižyti žemėlapį ir gebėti įvertinti, ką tu radai, bei palyginti su tuo, ką rado kiti. Ir taip yra bet kurioje mokslo srityje: ką nors tiri, renki duomenis, analizuoji, lygini, kas ką padarė, kuri hipotezes ir jas tikrini.

O smagiausia šios istorijos dalis – mums kartu buvo įteikta Lietuvos mokslo premija, tik man už fermentų tyrimus, o mano mokytojui A. Girininkui – už humanitarinių ir socialinių mokslų srities darbus.

Ar visada tyrinėjote mikroorganizmus?

Pirmame kurse teko padirbėti keliose laboratorijose, o Biochemijos institute mane priėmė į dr. Jono Rubiko grupę. Nuo to laiko šiame institute ir dirbu. Daugiausia man teko tirti mikroorganizmus: jų genus, baltymus ar ieškoti naujų jų rūšių. Jie labiausiai mane domina ir juos geriausiai pažįstu. Bet visuomet pasitaiko darbų, kurie ne taip glaudžiai arba visai nesusiję su šiais organizmais, pavyzdžiui, nanotechnologijų srities tyrimai ar biojutiklių kūrimas.

Kuri mokslinio darbo dalis Jums labiausiai patinka?

Galvoti. Tai turbūt patinka bet kuriam mokslininkui: galvoti ir suprasti, ką matai. Visuomet įdomu pamatyti ką nors naujo, bet įdomiausia fantazuoti, galvoti, ką reikėtų padaryti. Galva užimta nuolat – kartais to net pats nesuvoki. Idėjos gimsta visur: ir darbe, ir po jo. Labai sunku išėjus iš darbo apie jį negalvoti. Eksperimentinis darbas

Žaidimas stiklo rutuliukais

Liepinis cigarsukis

Rolando Meskio nuotraukos

man taip pat patiktų, bet nebėra tam laiko. Tai viena maloniausių mokslinio darbo dalių, nes ką nors atrasti, sukurti savo rankomis – didžiulis džiaugsmas.

Šiais laikais mokslas ypač greitai kinta. Todėl turi ne tik daug galvoti, bet ir daug žinoti, labai gerai išmanyti bent jau tą sritį, kurioje dirbi. Nes moksle nėra antros ar trečios vietos, o nauja yra tai, kas nauja visam mokslui. Nėra lietuviško, lenkiško ar europietiško mokslo. Vadinasi, kad bent jau nebūtų gėda prieš save ir kitus, tai, ką atrandi ir tyrinėji, turi būti nauja. O tai pasiekti labai sunku – dirba tūkstančiai žmonių, tad labai protingų ir sumanių kolegų tikrai yra ne vienas.

Yra žmonių, kurie be galo talentingi – jiems pasisekė. Bet dauguma ne tokie, todėl jiems tenka suktis, derinti skirtingų sričių žinias ar pažvelgti kitu kampu. Mokslas yra įdomus, bet gana žiaurus. Turi nuolat įrodinėti, kad esi protingas, nes aplinkui norinčių, kad juos tokiais laikytų, yra daug.

Kokius įvardytumėte mokslininko darbo pliusus ir minusus?

Moksle yra keli įdomūs dalykai. Pirma, tai atradimo džiaugsmas. Jei pasiseka ką nors ištirti, nustatyti, yra smagu. O jei tai pavyksta padaryti pirmam arba atrasti ką nors svarbaus... Nebūtinai tai turi būti kas nors labai ypatinga. Visada sakau, kad gyvenimas susideda iš smulkių džiaugsmų ir smulkių bėdų, su retomis išimtimis. Antra, smagu fantazuoti. Pavyzdžiui, sugalvoti tai, kas neįmanoma dabar, bet galbūt bus įmanoma vėliau. Tačiau tam neužtenka tik savo srities žinių. Man nelabai patinka, jog šių dienų mokslas tapo panašus į amatą. Jis išsiplėtė, yra daugybė sričių, mokslininkai dažnai yra labai siauros srities specialistai, o eruditų yra labai mažai.

Kaip mokslininkai pasirenka, kuria kryptimi dirbti, kokias problemas spręsti?

Daug kas priklauso nuo mokslininko – kas, jo manymu, gali būti svarbu fundamentiniu ar naudinga praktiniu požiūriu. O kurios tyrimų sritys yra perspektyvios, priklauso nuo to, kas vyksta pasaulyje, kokios kyla problemos. Atsirinkus tinkamus problemos sprendimo būdus, formuojama pagrindinė darbo kryptis. O štai čia yra daug uždavinių, kuriuos reikia įgyvendinti norint pasiekti tikslą. Taigi, kokie darbai bus vykdomi, priklauso nuo mokslininko, institucijos, kurioje jis dirba, šalies ar verslo (juk kas nors tuos tyrimus apmoka) požiūrio. Taip pat svarbi ir patirtis. Galbūt turi idėją, bet neturi patirties, pavyzdžiui, Marse mikroorganizmų kolonijai įkurti. Jei neturi patirties, turi jos įgyti arba susirasti jos turintį tyrėją. Dabartiniai moksliniai tyrimai įmanomi tik bendradarbiaujant įvairių sričių specialistams.

Jei nori dirbti mokslinį darbą, ar reikia turėti tam tikrų savybių ar mokėti daryti tam tikrus dalykus?

Mokslininkas turi gebėti aptikti problemą, pasiūlyti jos sprendimo būdų ir ją išspręsti. Jei nori būti geras mokslininkas, turi būti smalsus, norėti ir gebėti domėtis. Domėtis, domėtis, domėtis... Pavyzdžiui, molekulinė biologija labai greitai kinta, todėl turi mokytis ir mokytis iš naujo. Tai, kas buvo neįmanoma prieš penkerius metus, dabar beveik kasdienybė. Jei nori ko nors pasiekti, reikia labai daug dirbti. O talentas nuo mūsų nepriklauso – ką jau turi, tą turi. Galbūt nepasieksi ypač daug, bet būsi nepamainomas žmogus kokiam nors darbui atlikti. Juk ne visi mokslininkai yra Nobelio premijos laureatai. Yra didžiulė piramidė ir daugybė skruzdėlių darbininkių, kurios lipina pamatus. Aišku, visuomet smagu būti pirmose gretose, bet yra daugybė žemesnių uolų, į kurias galima užkopti ir būti savo vietoje. O kad moksle ne visuomet linksma, kad yra juodų dienų, – jų gi visur būna. Svarbu apsišarvuoti kantrybe ir džiaugtis visais pasiekimais.

Ar nesėkmių būna daugiau negu sėkmių?

Ne kiekvieną dieną ką nors atrandi, ne kasdien padarai ką nors konkretaus ir labai patrauklaus. Pasitaiko tuščių dienų, tačiau reikia stengtis, kad kasdien patirtum bent po vieną mažą malonumą, pavyzdžiui, galima ką nors naujo atrasti duomenų bazėse, perskaityti gerą straipsnį, sėkmingai atlikti eksperimentą ar sugalvoti kokią gerą idėją.

Ar daug moksliniame darbe reiškia sėkmė?

Kad kas nors pavyktų, daug dalykų turi sueiti į vieną tašką. Sėkmė taip pat aplanko – jei kreipi dėmesį į jos ženklus. Jei dalyvauji kuriant tą sėkmę, ji ir ateina. O kas yra atsitiktinumas? Šimtams mokslininkų nutinka atsitiktinių dalykų, bet jie jų nemato, o kas nors ima ir pastebi. Ar tai sėkmė? Tai sėkmė ir dar įžvalga, o ji neatsiranda iš nieko.

Kokie studentai ateina dirbti į Molekulinės mikrobiologijos ir biotechnologijos skyrių?

Jie labai skirtingi – vieniems reikia diplominio, kitiems norisi dirbti laboratorijoje. Ateina ir pirmakursių, ir ketvirtakursių, vieni geba viena, kiti – kita. Studentai nedaro to, kas dešimtis kartų jau padaryta. Vadinasi, studentų ir mokslininkų bendradarbiavimas visiems naudingas. Studentams reikalinga mūsų patirtis, mes suteikiame darbo vietą, reagentus, o jų darbų rezultatai naudingi mokslui. Juk jei studento darbas sėkmingas, jis įmūrija savo plytą į statomą pastatą.

Rolando Meškio nuotrauka

Amaras ir parazito kiaušinis

Skaitote paskaitas Vilniaus universiteto ir Vytauto Didžiojo universiteto studentams. Ar Jums patinka šis darbas?

Tai savitas ir sudėtingas darbas, kuris kartais pavyksta, o kartais – ne. Aišku, bendrauti su dirbti nusiteikusiais studentais kur kas geriau, negu su tais, kuriems mokslas neįdomus. Dalykai, kuriuos dėstau, greitai kinta. Norisi pateikti tai, kas naujausia, bet ne visada tai pavyksta. Ne kiekvienas geras mokslininkas gali būti geras dėstytojas, ir atvirkščiai. Pažįstu tokių, kurie gal ir nėra labai geri mokslininkai, bet yra puikūs dėstytojai.

Pats daugiausia mokiausi savarankiškai, todėl nesuprantu, kaip galima ko nors nesusirasti ar neišmokti. O ar studentas lanko paskaitas, man nelabai svarbu. Svarbiausia, kad jis išmanytų ir gebėtų daryti tai, ką reikia. Gal tam studentui paskaitos yra pats netinkamiausias mokymosi būdas. O jei jis gali savarankiškai išmokti ir sugeba tai įrodyti per kolokviumą ar egzaminą, aš neprieštarauju. Per egzaminą leidžiu viskuo naudotis. Juk ir gyvenime viskuo naudojamės: nežinome žodžio – žiūrime į žodyną. Sunkiausia išmokti taikyti žinias. Gali mokėti daug užsienio kalbos žodžių, bet nesusikalbėti. Taip ir moksle: kartais daug žinantis žmogus nesugeba savo žinių taikyti kūrybiškai.

Esate jaunųjų tyrėjų darbų konsultantas, ekspertas, vadovas. Kodėl dirbate su mokiniais?

Man įdomu, kaip mokiniai mąsto, ką jie daro. Juk daugelio (kiti subręsta vėliau) karjera prasideda mokykloje. Būtina lavinti mokinių kūrybingumą. O eksperimentinis darbas mokykloje labai reikalingas, bet tai vis dar yra silpnoji švietimo vieta. Dabar labai madinga kalbėti tik apie pačius geriausius mokinius. Žinoma, reikia džiaugtis, kad mokinys gerai mokosi, – vadinasi, jis dirbo, eikvojo savo laiką, gal atsisakė kokių nors malonumų, tik nereikia „nurašyti“ kitų. Žinau daugybę pavyzdžių, kai tikrai ne dešimtukininkai, ne konkursų laimėtojai tampa gerais mokslininkais. Ne visada galima sakyti, kad šie mokiniai patys geriausi: vieni ką nors sugeba dabar, kiti gal sugebės vėliau. Nereikia atmesti tų, kurie prasčiau mokosi ar ko nors nepajėgia. Jie gali tapti puikiais mokslininkais ar gerais bet kurios kitos profesijos specialistais. O egzamino pažymys reiškia nebent tai, kad žmogus nemoka arba moka išlaikyti egzaminą. Galvodamas apie dabartinę mokinių vertinimo sistemą, abejoju, ar sugebėčiau šiandien sėkmingai įgyti vidurinį išsilavinimą ir įstoti į universitetą.

Kaip išsakote kritiką mokiniams?

Negaliu teigti, kad mano liežuvis man padeda gyventi. Visada sakau, ką galvoju. Geriausia problemas spręsti atvirai: kalbantis, pajuokaujant, kai kada ironizuojant. Vaikai, manau, nemėgsta, kai jiems meluojama. Svarbiausia išsiaiškinti, kas yra gerai, o kas nelabai. Tenka vertinti ne tik mokinių, bet ir studentų darbus, mokslinius projektus – visuomet yra kriterijų rinkinys, pagal kurį vertini darbą, ir visai nesvarbu, kas jo autorius, svarbu – darbo kokybė.

Ar norėtumėte, kad Jūsų dukros taptų mokslininkėmis?

Aš visiems linkiu, kad darbas būtų malonus. Neskirstau profesijų į geras ir blogas, madingas ar nemadingas. Ir savo dukroms niekada nesiūliau jokios profesijos. Vaikai patys sprendžia, kuo tapti. Galiu tik patarti, bet patarimai ne visada būna teisingi. O aš noriu, kad mano vaikai būtų laimingi. Žinoma, tam tikrais atvejais naudinga, tik jokiu būdu neprivaloma, kad vaikai sektų tėvų pėdomis, pavyzdžiui, yra gydytojų, teisininkų dinastijų. Tada kelių kartų sukauptos žinios niekur nedingsta. Yra daugybė profesinių gudrybių, tokių subtilių dalykų, kurių niekur neperskaitysi, juos atskleis tik unikalios patirties sukaupę artimieji.

Apie save...

Aš darau tai, kas man įdomu. Aišku, dėl to kartais kyla konfliktų, nukenčia artimi žmonės, darbas, o ir pats gauni per sprandą. Mane domina gamta ir aš kartais sau leidžiu ją fotografuoti. Šis pomėgis padeda trumpam užsimiršti. Gana ramiai reaguoju į kitų nuomonę apie mane. Esu toks, koks esu, ir jau greičiausiai nepasikeisiu.

Autoportretas. Gera sėdėti ant pasaulio krašto!

Iš R. Meškio asmeninio albumo

Ne visos žuvys vienodai plokščios

Gražina Radzvilavičiūtė

Mokslininko tikslas – pažinti tai, kas nežinoma, atrasti tai, kas neatrasta, išaiškinti tai, kas neišaiškinta. Entomologas sistematikas, Vilniaus pedagoginio universiteto profesorius Remigijus Noreika sako, jog nežinomybės keliamas jaudulys ir yra ta jėga, kuri neleidžia sustoti. Į mokslą jį atvedė nuo pat mažens pasireiškęs noras viską rinkti, sisteminti ir įvardyti, meilė gamtai, o dabar jis ne tik ugdo būsimuosius mokytojus, bet ir padeda savo kelią atrasti būsimiesiems mokslininkams.

Iš R. Noreikos asmeninio albumo

Rinko lapus, kriaukles, akmenukus, kentėjo ir tulpės...

„Gal dar nė penkerių metų neturėjau, kai padariau pirmą savo sistematikos darbą: kaime, prie kolūkio kontoros, išskyniau visas gražiai žydinčias tulpes. Jų ten buvo įvairių: mažesnių, didesnių, geltonų, raudonų... Žodžiu, suskyniau kelis glėbius, sunešiau už kontoros ir dėliojau: čia raudonos, čia geltonos, čia pilnavidurės...“, – prisiminęs šypsosi mokslininkas.

Taigi noras viską dėlioti, skirstyti rūšimis Remigijui kilo dar ankstyvoje vaikystėje. Mokslininkas sako, kad jis, dorai nė nesuprasdamas kodėl, pradėjo rinkti lapus, daryti herbariumus, pradinėse klasėse rinko kriaukles, akmenukus, dėliojo juos pagal tam tikrus požymius. Kiti vaikai jam nešdavo parodyti ir atpažinti paukštelius, vabalėlius... „Kad būsiu biologas, puikiai žinojau jau trečioje klasėje, tik gana primityviai įsivaizdavau, kad biologija – tai gamtosauga, kad reikia saugoti medžius...“, – prisimena mokslininkas.

Klaidžiojimai

Neprarasti domėjimosi gamta Remigijui padėjo ir pergalė viename mokinių konkurse. „Kai buvau aštuntoje klasėje, Lietuvos jaunųjų gamtininkų centras[1] paskelbė konkursą. Jam nuoširdžiai rengiausi: darbas buvo apie Raudonosios knygos objektus – rengiau namų užduotį, rinkau, klijavau, sudariau tokią didžiulę bylą. Nusiunčiau savo darbą ir gavau netikėtą atsakymą – tapau laureatu, o prizas buvo kelionė į Maskvą, į Liaudies pasiekimų parodą. Mūsų, laimėtojų, buvo trys, o aš – jauniausias. Tai man buvo didžiulė paskata: dirbi, domiesi gamta, ir ne tik tau pačiam, bet ir dar kažkam kitam tai įdomu?! Ir dar toks įvertinimas?“ – kalba Remigijus.

Tačiau kaip tik tais metais būsimasis mokslininkas nusprendė tapti miškininku, nes tuo metu atrodė, kad nieko geriau už miškus nėra. Juk pats Remigijus kilęs iš miškų krašto – nuo Ignalinos. Buvo įsiminęs žurnale matytą informaciją apie Kauno A. Kvedaro miškų technikumą, tad baigęs aštuonias klases Remigijus bandė į jį stoti. Bet... neišlaikė matematikos egzamino ir neįstojo. Taip likimas tarsi suteikė metus laiko pagalvoti, ar gerai pasirinko...

Motociklą slėpė krūmuose

„Devintoje klasėje susipažinau su Aukštaitijos nacionalinio parko moksliniu bendradarbiu, gamtininku iki kaulų smegenų – Broniumi Šablevičiumi. Jis mane atkalbinėjo nuo technikumo. Bet nepaklausiau... išmokau matematiką ir baigęs devynias klases vis tiek įstojau. Tačiau draugystė su gamtininku padėjo sužinoti daugybę dalykų. Kartu su B. Šablevičiumi tyrinėjome Lietuvos gamtą, jis buvo paukščių specialistas, tad sudarėme erelio žuvininko lizdų ieškojimo programą, važinėjome po visą Lietuvą, aš stengiausi pažinti ir augalus. Jo dėka pavyko kartu su Vilniaus pedagoginio universiteto studentais dalyvauti botanikos lauko praktikoje. Man be galo patiko:

[1] Tada Respublikinė jaunųjų gamtininkų stotis.

aš per dieną išmokdavau apie tris–penkias dešimtis augalų lotyniškų pavadinimų, augalus pažindavau, rinkdavau jų pavyzdžius. Man tai buvo lobis, gėriau viską į save“, – prisimena profesorius R. Noreika. Tada jis ir suprato, kad miškininkystė nėra tas kelias, kuriuo nori eiti, todėl trečiame (priešpaskutiniame!) kurse jau buvo nusprendęs mesti technikumą ir stoti į aukštąją. Laimei, buvo žmonių, kurie įkalbėjo likti – juk to diplomo ant pečių nenešiosi. Kadangi Remigijus technikumą baigė aukštais balais, jam ir dar vienam bendramoksliui buvo suteikta teisė stoti į aukštąją mokyklą. Iš technikumo su diplomu rankoje Remigijus išėjo vasario mėnesį. Ką daryti iki stojamųjų egzaminų? Atidirbti pagal paskyrimą, kaip anuomet buvo privalu.

„Taigi gaunu paskyrimą ir įsidarbinu kolūkio girininkijoje miškininku. Netrukus įsitikinu, kad gamybinis darbas – medienos skirstymas ir įvairiausios kitos užduotys – man nepatinka, ir, aišku, visą tą laiką brandinu idėją stoti į universitetą“, – pasakoja mokslininkas.

Jam, kaip miškininkui, kolūkis jau buvo skyręs net namą ir transportą – motociklą, o ir šiaip visi džiaugėsi, kad turi miškininką specialistą... Ką gi reikėjo daryti? „Niekam nieko nesakiau, mokiausi, o atėjus egzamino dienai pasakydavau, kad vykstu į darbą, tačiau pats šokdavau ant motociklo ir važiuodavau į geležinkelio stotį. Motociklą palikdavau krūmuose, sėsdavau į traukinį ir nubildėdavau laikyti egzaminų. Išlaikęs stojamuosius egzaminus nerimavau, kaip pasakyti, kad įstojau į universitetą ir noriu palikti darbą.“ Nors sistema tais laikais buvo griežta – galėjo ir neišleisti, vyriausiasis miškininkas jaunuolį suprato ir palaikė.

Studijos – ne suolų trynimas

Pirmame kurse dėstytojas Jonas Rimantas Stonis sudomino mažaisiais drugiais – grakščiaisiais keršasparniais (*Gracillariidae*) ir net nespėjusiems priprasti prie universiteto suolo studentams pirmaisiais studijų mėnesiais suorganizavo ekspediciją į Kaukazą: Gruziją, Abchaziją, Adžariją. Į ekspedicijas Remigijus vykdavo kiekvienais studijų metais, aplankė daugelį Kaukazo, Vidurinės Azijos šalių, Indiją, Nepalą. O po to, kaip pats sako, taip išgudrėjo, kad net sugebėdavo traukiniu į vietą nusiųsti motociklus, todėl ekspedicijose Vidurinėje Azijoje galėdavo laisvai važinėti iš vienos respublikos į kitą. Remigijus apgailestauja, jog dabar tos vietos, į kurias vykdavo per ekspedicijas – Turkmėnija, Tadžikija – tapo sunkiai pasiekiamos. „Mums dar teko laimė patyrinėti tuos kraštus, kur laukė patys įdomiausi dalykai. Aš ir dabar žinau, kurioje vietoje ant medžio tupi nauja drugių rūšis, tik negaliu jos pasiekti. Parsivežiau lapą su vikšro padaryta mina, bet drugio išauginti man nepavyko“, – kalba mokslininkas. Studijas Remigijus Noreika baigė istorinio lūžio laikotarpiu: joms artėjant prie pabaigos Lietuva atkūrė nepriklausomybę. Baigęs universitetą jau po metų eksternu iš mažųjų drugių sistematikos gynė daktaro disertaciją. „Rusų kalba rašytą disertaciją gynėme Sankt Peterburge. Iš Minologinių tyrimų (dabar – Biosistematikos) laboratorijos važiavome trijų disertantų grupė, ir visi apsigynėme. Nors buvo neramu dėl politinės atmosferos, tačiau nė vienas komisijos narys neišreiškė nė menkiausio nepasitenkinimo ar priekaištų. Dvidešimt vienas profesorius, – ir jokio smerkiančio žvilgs-

Biržų rajone prie ledonešio nuniokotų medžių

Iš R. Noreikos asmeninio albumo

Iš R. Noreikos asmeninio albumo

Po sėkmingos žūklės

nio. Mane sužavėjo jų inteligencija“, – prisimena mokslininkas.

O kuo Remigijų sužavėjo mažieji drugiai? Stambesnės gyvybės formos labiau ištyrinėtos, nes gerai matomos. O mažieji drugiai, anot Remigijaus, buvo pradėti tyrinėti palyginti neseniai – vos prieš kelis dešimtmečius, ir tai – tik kelios jų grupės. Drugelio išskėstais sparnais dydis vos 4–9 milimetrai. „Tai sunkiai matomas pasaulis, užimantis atskirą ekologinę nišą – gyvena ant lapų, deda kiaušinėlius, o vikšrai gyvena lapo viduje. Vikšrų niekada nematome, randame tik jų paliktus takus. Tokios rūšys nebuvo išsamiai ištyrinėtos, naujų rūšių rasdavo netgi Europoje. Kaštoninis keršasparnis (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimic), kuris dabar siaubia kaštonus, aprašytas tik 1986 metais. Aš aprašiau 13 mokslui naujų drugių būtent iš šios šeimos, ir nors tai yra palyginti nedaug, vis dėlto – mokslui naujos rūšys“, – džiaugiasi profesorius.

Viskas sukasi ratu

Apie tai, jog gyvenimas kartais sukasi ratu ir grąžina ten, kur pradėjai savo kelią, svarsto ir Remigijus Noreika. Studijuodamas ketvirtame kurse jis Jaunųjų gamtininkų centre įsidarbino fotografu ir vadovavo fotografijos būreliui, o tapęs mokslų daktaru daugelį metų talkina kaip jaunųjų mokslininkų konkursų ekspertas – taip tarsi atiduoda duoklę jį paskatinusiai ir pasirinkimą, kuo būti, nulėmusiai įstaigai.

Dabar Remigijus pats jau bendrauja su tais, kurie ateina į mokslo pasaulį, todėl mano, jog labai svarbu, kad esama tokių neformaliojo ugdymo įstaigų. Jis yra Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkurso nacionalinio etapo komisijos narys, o bendraudamas su jaunaisiais tyrėjais mato, jog dažnas šio konkurso dalyvis – būsimas mokslininkas. „Matyti, kurie tokią veiklą pasirinkę sąmoningai ir kurių niekas nesustabdys. Žavi tai, kad nors yra galbūt lengvesnių dalykų, vaikai domisi mokslu, o šiais laikais jiems atsiveria plačios galimybės. Matyt, pirmo atradimo pojūtis, kai supranti, jog kažką gali, kad tai, ką darai, yra reikalinga, skatina vaiką eiti šiuo keliu“, – pastebi mokslininkas. Pasak Remigijaus Noreikos, gabūs jauni žmonės neprapuola: konkurso dalyvius vėliau jis pastebi universitete, apie juos skaito laikraščiuose, sužino iš televizijos laidų. O jį, ypač pastaraisiais metais, džiugina tai, jog mokinių darbai yra labai aukšto lygio – Jaunųjų mokslininkų konkurso laureatų darbai kartais prilygsta bakalauro darbams.

Kas pastebi pirmas?

Žvejyba – sena mokslininko aistra. Jis užkietėjęs žvejys nuo vaikystės. Šis pomėgis padeda pažinti ne tik žuvų, bet ir aplink telkinį gyvenančių gyvūnų įvairovę. Tie, kam visos žuvys atrodo vienodai plokščios ir vienodai išsprogusiomis akimis, supranta, kiek daug reikia žinoti, kad atskirtum jų rūšis. O fotografija Remigijui yra būdas tuo, ką pamatei, pasidalyti su kitais. Biologo darbui šis pomėgis labai naudingas – juk nufotografavęs gali parodyti, kaip viskas yra, nereikia nešti pavyzdžių. Trečias Remigijaus pomėgis – medžioklė – gal kam atrodo biologui netinkantis. „Iš jos grįžti pailsėjęs, aiškiomis mintimis“, – sako Remigijus Noreika. Pasak mokslininko, grįžo medžioklės senosios tradicijos, užaugo nauja karta, gerbianti medžiojamus žvėris. „Palauki medžioklėje nejudėdamas bent keturias valandas, apmąstai viską, susidėlioji mintis, tarsi medituoji... Be to, būdamas gamtoje, viską girdi, stebi gyvūnų paliktus pėdsakus, slenki prie žvėries... įdomu, kas ką pirmas pastebės – ir, aišku, gyvūnas dažniausiai pastebi pirmas“, – šypteli profesorius. Taip mokslininkas savo gyvenimą – tiek darbą, tiek pomėgius – sieja su gamta ir net trumpam nenustoja ja domėtis, nes ji nuolat kupina netikėtumų ir atradimų.

Ką veikia biosistematikai?

Jonas Rimantas Stonis, Remigijus Noreika, Arūnas Diškus

Vilniaus pedagoginio universiteto Gamtos mokslų fakultetas ypač garsus klasikinės zoologijos ir botanikos mokslo bei studijų tradicijomis. Jo pasididžiavimas – atogrąžų augalų oranžerija, kurioje auginama ir eksponuojama daugiau kaip 700 taksonų augalų iš įvairių žemynų. Biologijos, ekologijos ir gamtamokslinio ugdymo studijų programų studentai daro mokslinius tiriamuosius darbus. Tam jie gali pasinaudoti mokymo baze „Tamošava“, kuri įkurta vaizdingose, biologine įvairove garsėjančiose Aukštadvario apylinkėse, arba, pavyzdžiui, Biologinės įvairovės ir technologijų laboratorija. Fakultete yra daug mokslinių tyrimų grupių, kuriose darbuojasi tiek patyrę ir įžymūs mokslininkai, tiek doktorantai ir studentai. Tai Biosistematikos, Augalų ir mikologinės įvairovės bei genetinių išteklių, Lietuvos faunos, Ekologinių indikacijų, Biologiškai aktyvių medžiagų, Mitybos ir antropometrinių tyrimų ir kitos mokslinių tyrimų grupės. Šis straipsnis – tik apie vieną iš jų – Biosistematikos. Norėtume, kad jūs, jaunieji tyrėjai, sužinotumėte, ką veikia biosistematikai, kodėl šiais laikais biologinės įvairovės tyrimai tokie svarbūs ir ką savo vietovėje galėtumėte patyrinėti patys.

Jono Rimanto Stonio nuotrauka

Ką veikia biosistematikai?

Nors biosistematikai jau kelis šimtmečius inventorizuoja gyvąjį pasaulį, kol kas tik 12–15 proc. visų spėjamai egzistuojančių organizmų yra žinoma ir aprašyta. Daugiausia atradimų galime tikėtis tyrinėdami atogrąžų regionų gamtą (ir ypač vabzdžius bei kitus smulkius organizmus). Aišku, naujų rūšių paieškos kainuoja. Apskaičiuota, kad vienos rūšies atradimas vidutiniškai atsieina 500 JAV dolerių. Dabar sparčiausiai aprašomos rūšys, kurioms priskiriami praktinę ar estetinę vertę turintys organizmai, žmogaus parazitai ar augalų kenkėjai. Kita vertus, rūšių aprašymo sparta priklauso ir nuo regiono. Toli nuo tankiai gyvenamų teritorijų esančių regionų fauna ir flora yra daug menkiau ištyrinėta. Todėl biosistematikai nuolat rengia tolimas ekspedicijas.

Dėl klimato kaitos ir žmogaus poveikio organizmų gyvenamosioms vietovėms (buveinėms) bei dėl tiesioginio augalų ir gyvūnų naikinimo dauguma rūšių gali būti šluote nušluotos nuo Žemės paviršiaus greičiau, nei jas aptiks ir aprašys mokslininkai. Dauguma rūšių labai svarbios ne tik žmogui, bet ir pačiai gamtai. Juk išnaikinus vienas rūšis, kitos taip pat pasmerktos išnykti, o dar kitos masiškai išplinta ir

Jono Rimanto Stonio nuotrauka

Jono Rimanto Stonio nuotrauka

Virginijaus Sruogos nuotrauka

taip sutrinka gamtiniai (ekologiniai) ryšiai. Daugelis mokslininkų jau nebesitiki, kad pavyks išsaugoti šiuo metu esamą biologinę įvairovę, tačiau visi sutaria dėl vieno: reikia skubinti naujų rūšių paieškas, skelbti apie pavojuje atsidūrusią itin vertingą arba endeminę (tam tikro regiono, krašto) fauną ir florą arba bent aprašyti rūšis iki joms išnykstant. Šių duomenų, taip pat ir išsaugotų kolekcinių egzempliorių labai reikės ateities mokslui. Svarbu ne tik atrasti ir aprašyti naują rūšį. Dar svarbesnis biosistematikos mokslo uždavinys – nustatyti rūšių giminiškumą, suvokti sudėtingus organizmų ekologinius ryšius ir gamtos evoliucijos dėsningumus.

Tyrėjo atradimo džiaugsmas

Kas nenorėtų atrasti ir aprašyti iki šiol nežinomą mokslui rūšį? Tai ne tik įnašas į mokslą, bet ir garbė pačiam tyrėjui. Rūšies atradėjo pavardė rašoma kartu su atrastos rūšies pavadinimu visose mokslinėse publikacijose (nesvarbu, kada ir kurioje šalyje tai būtų skelbiama). Tačiau reikšmingiausia, kad, atradę naują organizmų rūšį, pamatome lyg dar vieną gamtos stebuklą – organizmą su tik jam būdingais požymiais ir savita ekologine niša (specifiniu gyvenimo būdu ir poveikiu kitiems organizmams, o kartais net ir žmogui). Visa tai, matyt, galima pavadinti atradimo džiaugsmu, kurį ne kartą patyrė kiekvienas biosistematikas.

Ar galima atrasti naujų rūšių Lietuvoje?

Teoriškai Lietuvoje įmanoma atrasti mokslui naujų rūšių, tačiau mažai tikėtina... Europa jau gana gerai ištyrinėta, o mūsų šalies fauna ir flora nėra izoliuota nuo aplinkinių kraštų. Kita vertus, mūsų šalyje kol kas nerengiami specialistai, kurie galėtų tyrinėti itin smulkių ir mažai žinomų Europoje organizmų grupes. Tačiau tai nereiškia, kad Lietuvoje nėra ką veikti. Mes turime inventorizuoti savo krašto biologinę įvairovę – dar mažai žinoma apie daugelio smulkių organizmų paplitimą, o Lietuvos faunos sąrašą nuolat papildo pirmą kartą mūsų krašte aptiktos rūšys. Be to, gamta kinta, todėl keičiasi ir rūšių paplitimas.

Kas tos lervos, gyvenančios augalų audiniuose?

Ar matėte žaliuosiuose (asimiliaciniuose) augalų audiniuose padarytas vidines išgraužas? Jos vadinamos minomis, o jas suformuoja jų viduje besimaitinančios vabzdžių lervos (nedera jų vadinti kirminėliais...). Minų galima aptikti visur: miške, pievose, mieste ar sode – ieškokite jų ant įvairiausių medžių, krūmų ir žolių lapų (nors kartais jų galima aptikti ir kituose augalų organuose). Kadangi vabzdžių lervos gyvena augalo audiniuose, mokslininkai šiuos vabzdžius priskiria entobiontiniams (vidiniams) organizmams. Entobiontiniai vabzdžiai yra labai svarbūs ne tik kaip augalų kenkėjai. Visų pirma, daugelis jų gyvavo dar prieš 100–120 mln. metų, t. y. tada, kai Žemėje vaikščiojo dinozaurai. Antra, jie sėslūs ir visur paplitę (ne tik pas mus, bet ir dykumose bei džiunglėse). Todėl mokslininkams entobiontiniai vabzdžiai yra puikus įrankis gamtos evoliucinėms tendencijoms suvokti. Jie gana tiksliai apibūdina tiriamo regiono biologinės įvairovės turtingumą, faunos kilmę ir įvairiausius gamtinius ryšius. Štai todėl Biosistematikos tyrimų grupė bene didžiausią dėmesį skiria šiems organizmams. Šiuo metu ypač svarbu aprašyti Lietuvos fauną, ieškoti naujų mokslui rūšių kituose kraštuose, išaiškinti šių

Vabzdžių lervos graužiamos lapo audinius palieka tamsius ekskrementus, kurių išsidėstymas gali būti labai svarbus identifikuojant rūšį

Arūno Diskaus nuotrauka

organizmų mitybos ryšius (t. y. kas ant kokių augalų gyvena), o gautais duomenimis paaiškinti, pavyzdžiui, kaip mūsų krašto gamta vystėsi po paskutiniojo apledėjimo. Pasirodo, kai kurie Lietuvoje gyvenantys entobiontiniai organizmai yra ateiviai iš tolimosios Azijos ar net iš Amerikoje esančių Andų kalnų. Tiesa, organizmai migravo ir prieš tūkstančius, ir prieš milijonus metų.

Kaip sekasi Biosistematikos tyrimų grupei ieškoti mokslui dar nežinomų rūšių

Biosistematikos tyrimų grupės nariai jau atrado ir aprašė daugiau kaip 400 mokslui naujų organizmų rūšių iš įvairiausių Žemės regionų: Centrinės Azijos ir Mongolijos (90 rūšių), Rytų Azijos (85 rūšys), Centrinės Amerikos (70 rūšių), Pietų Amerikos (67 rūšys), Afrikos ir Madagaskaro (29 rūšys), Pietryčių Azijos (22 rūšys), Himalajų (16 rūšių) ir kt. Daugiausia šioje srityje nuveikęs prof. J. R. Stonis pelnė Lietuvos mokslo premiją. Šiuo metu Biosistematikos tyrimų grupė turi unikalios dar neištirtos medžiagos, kurią neseniai surinko Centrinėje ir Rytų Azijoje, Himalajuose, Pietų ir Centrinėje Amerikoje. Kitą tyrimams vertingą medžiagą perdavė užsienio institucijos: Smitsono centras (*Smithsonian Institution*, JAV), Kopenhagos universitetas, Rusijos mokslų akademijos Zoologijos institutas ir Karališkojo Centrinės Afrikos muziejaus Entomologijos laboratorija (*Museé Royal de l'Afrique Centrale*, Belgija). Taigi ištyrus šią medžiagą naujų rūšių skaičius gali pasiekti pusę tūkstančio.

Tolimosios ekspedicijos kai kam atrodo žavios

Lauko darbams tolimuose, mums neįprastuose kraštuose reikia daug ištvermės, gero fizinio pasirengimo ir, žinoma, entuziazmo...

Centrinė Amerika, Belizo (*Belize*) džiunglės. Gili tamsa. Atogrąžų miške pasigirsta įvairiausių garsų: kažkas baubia, čirpia, kalena. Tai cikados, kiti vabzdžiai, įvairūs paukščiai ar net beždžionės staugūnai, kurių patinų grėsmingi balsai girdisi net už kelių kilometrų. Atrodo, saulei nusileidus, išlenda visa, kas gyva, – judėti, daugintis ir gąsdinti atvykėlių.

Ant virvės tarp dviejų galingų medžių pritaisome 2,7 × 2 m dydžio tvirto balto audeklo ekraną. Viršuje kabiname ultravioletinę lempą, šalia pasidedame porą atsarginių, jeigu pirmoji užgestų ar perdegtų. Įjungus elektros generatorių, džiungles perskrodžia šviesa. Prie apšviesto ekrano pasidaro jaukiau, nors supranti, kad ten, tamsoje, pilna įvairiausių gyvių. Net pirmas į šviesą puolęs vabzdys gali išgąsdinti, jeigu tai gigantiškas skraidantis 11 cm tarakonas, kuris gali visa jėga atsitrenkti žmogui į galvą arba nutūpti ant peties. Pradeda skristi ir kiti vabzdžiai. Liepiame ekspedicijos asistentui anglui Saimonui Hiliui (Hill) nustoti džiūgauti ir užsikimšti vata ausis, nes mūsų kolegoms dirbant su tokiomis naktinėmis gaudyklėmis smulkesni drugiai dažnai įlįsdavo į ausį. Būdavo, prilimpa prie ausies išskyrų ir plakasi sparneliais bei kojelėmis į ausies būgnelį. Patikėkite, tai tikras košmaras!

Apšviestas ekranas turi privilioti mūsų tiriamų vabzdžių, tačiau privilioja ir nuodingų vorų tarantulų bei paukštėdų. Štai atropojo vienas iš tų milžiniškų vorų, gausiai aplipęs jaunikliais. O kai iš kažkur išlenda nuodingą geluonį užrietęs skorpionas, pradedame visi klykti. Bet netikėtai užgęsta šviesa – kažkas atsitiko lempai. Taip mes liekame vieni su naktiniais gyviais tamsoje. Skubiai reikia prožektoriaus! Drugiai plakasi sparnais į veidą, o kažkoks plokščias, šiurkščiaodis ir didelis padaras įnirtingai bando įlįsti po apykakle. Saimonas bijo grabalioti aplinkui, kur galėtų būti padėtas tas nelemtas prožektorius, nes šalia jo galbūt sukinėjasi įžūlusis skorpionas, o gal dar atšliaužė ir kokia gyvatė...

Ką VPU Biosistematikos tyrimų grupėje dirba ir jaunieji tyrėjai

Biosistematikos tyrimų grupėje jaunieji tyrėjai (studentai, doktorantai) randa ką veikti: kartu su patyrusiais mokslininkais tiria entobiontinius vabzdžius, ruošia šių organizmų vidinių struktūrų mikropreparatus. Tam reikia ypatingo kruopštumo, todėl ne kiekvienas norintis sugeba tai padaryti. Preparatams paruošti reikia daug laiko: net ir labai stengiantis per dieną galima paruošti tik 2–4 kokybiškus mikropreparatus (o tyrimams jų reikia šimtų...). Be šių preparatų neįmanoma patikimai nustatyti rūšių.

Kodėl nepradėjus tyrimų jūsų vietovėje?

Entobiontinių vabzdžių tyrimus gali atlikti ir mokiniai. Lengviausia tirti mažųjų gaubtagalvių (*Nepticulidae*) padarytas minas. Jas nesunku pastebėti, galima aptikti beveik kiekvienoje buveinėje (miške, sode, miesto

Entobiontinių vabzdžių suaugėlius galima privilioti ir šviesinėmis gaudyklėmis. Prof. J. R. Stonis ir ekspedicijos asistentas S. R. Hilis Ekvadoro (Pietų Amerika) atogrąžų miške.

Virginijaus Sruogos nuotrauka

VPU Biosistematikos tyrimų grupė daug tyrimų atlieka atogrąžose. Ištisus metus rūke skendintis miškas Kosta Rikoje, kuriame tikėjomės aptikti iki šiol nežinomų organizmų rūšių.

Amazonės miškuose galima aptikti milžiniškų augalo lapą imituojančių žiogų

Gaubtagalvių išgraužtas beržo lapas

Entobiontinių vabzdžių aptiksite atidžiai apžiūrėję augalų lapus

Jono Rimanto Stonio nuotraukos

parke, net mokyklos skverelyje). Remiantis jūsų pastebėtomis minomis gali pavykti išaiškinti retų arba iki šiol neaptiktų rūšių, o taip pat iki šiol nežinomų Lietuvos faunai gaubtagalvių.

Kaip pradėti tyrimus? Veiksmų planas: aptikti minas, paimti arba nufotografuoti pavyzdžius herbariumui, užpildyti lauko darbų dienoraštį (nepamirškite pasižymėti vietovės koordinates, stebėjimų laiką ir aptiktų minų gausą). Svarbiausia, nustatykite, ant kokio augalo aptikote miną (obels, ąžuolo, žemuogės ir pan.), kaip ji atrodo (kokia jos forma), kokia ekskrementų spalva ir, svarbiausia, kaip ekskrementai išsidėsto minoje. Daug minų vaizdų, pagal kuriuos galėsite apibūdinti savo aptiktąsias minas, rasite ir internete (paieškos sistemoje įveskite angliškus arba lotyniškus terminus, pavyzdžiui, *Nepticulidae*, *Stigmella, mines*, *leaf-mines*). Jaunieji tyrėjai tirdami entobiontinius vabzdžius ne tik daug ko išmoksta, bet ir patiria pažinimo, atradimo džiaugsmą. Todėl pagalvokite, ar nepradėjus patiems šių tyrimų.

Rekomenduojama literatūra

Puplesis R., Diškus A., *Nepticuloidea ir Tischerioidea (Lepidoptera) pasaulio ir Lietuvos faunoje*, Kaunas: Lututė, 2003.

Skaitiniai apie biosistematikų tyrimus

Stonis J. R. 2007, Kaip sekėsi entomologams, norėjusiems atrasti naujų rūšių Pietų Amerikoje ties pusiauju. *Žurnalas apie gamtą*, 1 dalis, 1 (19), 13–17; 2 dalis, 2 (20), 14–19; 3 dalis, 3 (21), 17–22; 4 dalis, 4 (22), 13–19; 5 dalis, 5 (23), 15–21; 6 dalis, 6 (24), 15–21.

Stonis J. R. 2009, Meksikos istorijos. Kaip aptikome slaptąsias duris į dar nežinomos gamtos pasaulį. *Žurnalas apie gamtą*, 1 dalis, 4 (34), 12–16; 2 dalis, 5 (35), 12–15.

Stonis J. R., Remeikis A. 2009, Patikėkit, Karadahas ir jums patiktų. 1. Ukrainos gamtos perlas. *Žurnalas apie gamtą*, 6 (36), 12–16.

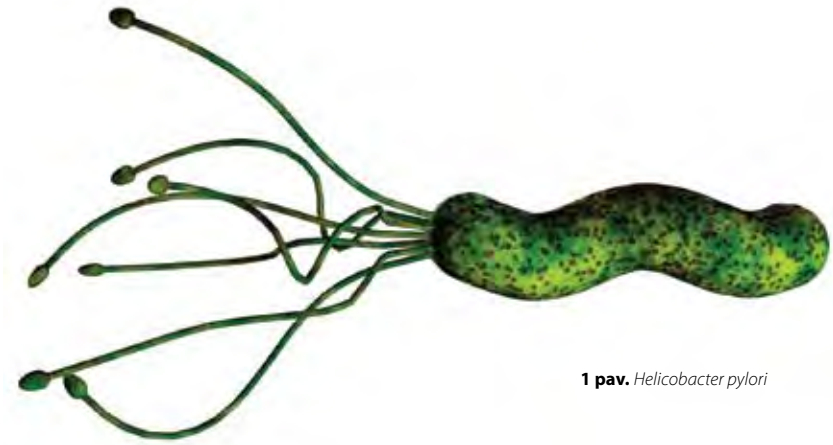
Stonis J. R., Remeikis A. 2010, Pabaisų apsuptyje. Ar jaunosios doktorantės tikrai nepabūgo nei Indijos gyvačių, nei kraujasiurbių dėlių? *Mokslas ir gyvenimas*, 11–12, 6–11.

Stonis J. R., Remeikis A. 2010, Himalajų gamta ne tik nustebino, bet ir išgąsdino. *Žurnalas apie gamtą*, 6 (42), 14–19.

Kas lemia skrandžio ir dvylikapirštės žarnos ligas – mikrobai, genai... maistas?

Limas Kupčinskas

Skrandis – svarbus žmogaus ir gyvūnų virškinimo sistemos organas. Jis prasideda nuo stemplės ir pereina į dvylikapirštę žarną (pradinę plonosios žarnos dalį). Skrandis yra tuščiaviduris kriaušės formos organas, sudarytas iš raumeninių audinių. Tai laikina maisto talpykla, kurioje maistas susimaišo su skrandžio sultimis ir tada porcijomis nešamas į plonąją žarną. Skrandžio gleivinės liaukos gamina sultis, kuriose yra druskos rūgšties ir fermento pepsino. Skrandžio sulčių pH yra apie 1,0–1,5. Sultyse pradedami virškinti baltymai, jos naikina su maistu patekusius mikrobus. Tarp skrandžio ir stemplės esantis raukas neleidžia skrandžio sultims patekti į stemplę ir jos pažeisti. Skrandžio gleivinėje gaminami ir virškinimo hormonai (gastrinas ir kiti), reguliuojantys skrandžio rūgštingumą ir kitų virškinimo organų veiklą. Kiti maisto komponentai – angliavandeniai – pradedami skaidyti burnoje, veikiant seilių fermentui amilazei, tačiau daugiausia baltymų, riebalų ir angliavandenių suvirškinama plonojoje žarnoje, veikiant kasos fermentams (tripsinui, lipazei, amilazei).



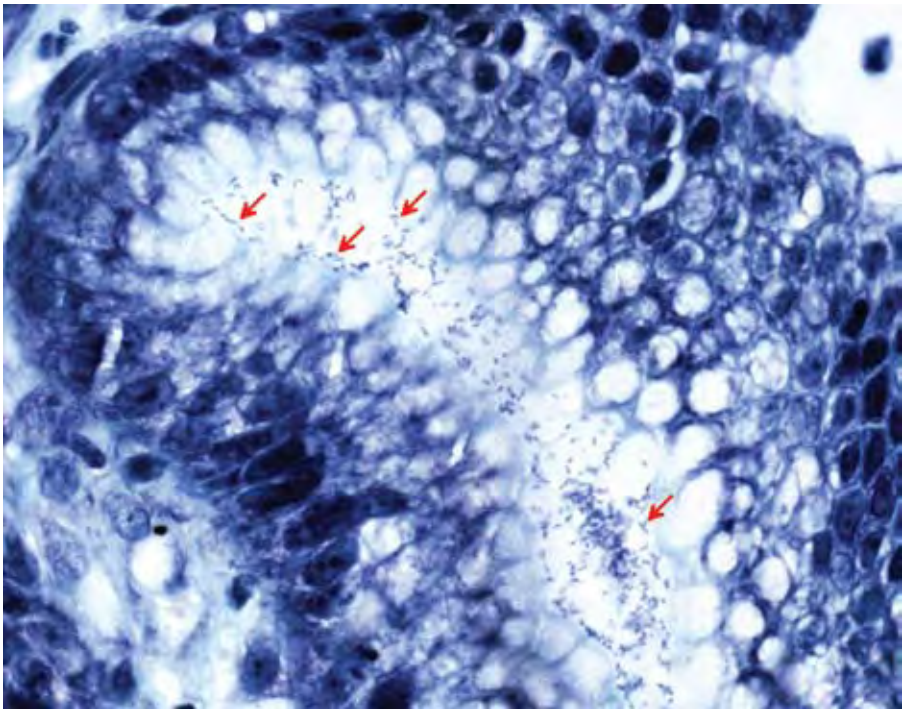
Iliustracijos autorius Luke Marshall

1 pav. *Helicobacter pylori*

Žmonės serga įvairiomis skrandžio ir dvylikapirštės žarnos ligomis – funkcine dispepsija (virškinimo sutrikimas), lėtiniu skrandžio uždegimu, opalige, skrandžio vėžiu. Dar neseniai daugelio šių ligų priežastys buvo nežinomos. Manyta, kad skrandžio ir dvylikapirštės žarnos opas sukelia nervinis pervargimas, psichologinis stresas, o lėtinį skrandžio uždegimą – sunkiai virškinamas maistas, alkoholis, kai kurie vaistai. Be abejo, sugedęs, bakterijomis užterštas maistas, besaikis alkoholio vartojimas gali sukelti ūminį skrandžio uždegimą (pasireiškiantį pykinimu, vėmimu), tačiau daugelio lėtinių ligų, pavyzdžiui, lėtinio skrandžio uždegimo, opaligės, išsivystymo priežastys yra kitos. Buvo laikomasi dogmos, kad skrandyje, kurio sulčių pH ~1, bakterijos išgyventi negali. Tiesa, dar mikrobiologijos atradimų aukso amžiuje (XIX a. pab. – XX a. pr.), kai žymus chemikas ir mikrobiologas Lui Pasteras (Pasteur), būsimasis Nobelio premijos laureatas Robertas Kochas (Koch) ir kiti mokslininkai atrado daugelio infekcinių ligų, pavyzdžiui, pasiutligės, tuberkuliozės, stabligės, sukėlėjus, italų mokslininkas Dž. Bicoceras (G. Bizzozero) paprastu optiniu mikroskopu pamatė (1893 m.) skrandžio gleivinės preparate spiralės pavidalo bakterijas. Tačiau manyta, kad jos į skrandį pateko atsitiktinai su maistu, nes druskos rūgšties terpėje bakterijos išgyventi negali. Taip galvota net ištisą šimtmetį. Nežinant ligos priežasties, skrandžio opaligė buvo gydoma įvairiausiais būdais – dieta, ramybe, net hipnoze, skrandžio rūgštingumą mažinančiais vaistais, tačiau užgijusi opa dažniausiai po kurio laiko vėl atsirasdavo. Sunkiais atvejais liga komplikuodavosi – prasidėdavo kraujavimas, plyšdavo skrandis, kartais skrandžio opa suvėžėdavo. Opaligė buvo gydoma ir pašalinant dalį skrandžio.

Tik 1982 metais australų mokslininkai gastroenterologas B. Dž. Maršalas (B. J. Marshall) ir patologas Dž. R. Vorenas (J. R. Warren) skrandžio gleivinėje atrado ir išaugino iki tol nežinomą *Helicobacter pylori* bakteriją (1 pav.). Po gero dešimtmečio buvo nustatyta, kad ji sukelia skrandžio uždegimą ir opaligę (už šį atradimą 2005 metais autoriams buvo įteikta Nobelio premija). Kodėl paprastu optiniu mikroskopu matoma skrandžio gleivinės spiralės pavidalo bakterija (2 pav.) nebuvo identifikuota ištisą šimtmetį? Tam įtakos turėjo dvi aplinkybės – pirmiausia, niekas iš mokslininkų netikėjo, kad skrandžio rūgštyje bakterijos gali išgyventi. Antra, nuo žmonijos egzistavimo pradžios šia bakterija buvo užsikrėtę beveik 100 % gyventojų (Linz et al. 2007; paprastai užsikrečiama iki 5 metų amžiaus, dažniausiai per nešvarias rankas). XX amžiaus antroje pusėje pagerėjus gyvenimo (dideli butai ir privatūs namai, mažos šeimos) ir higienos (šiltas vanduo, dezinfekantai) sąlygoms, užsikrėtusių *H. pylori* buvo kur kas mažiau, pavyzdžiui, ja užsikrėtę buvo tik 50 % australų.

Patologas Dž. R. Vorenas žiūrėdamas pro mikroskopą į skrandžio gleivinės preparatus ir juos nagrinėdamas pastebėjo: spiralės pavidalo mažyčių bakterijų turėjo tik sergantieji opalige arba tie, kuriems buvo nustatyti neryškūs skrandžio uždegimo požymiai. Kartu dirbęs gastroenterologijos specialybės rezidentas B. Dž. Maršalas, įvertinęs šių faktų reikšmę, pabandė išauginti *H. pylori* bakterijų. Deja, jos įprastose terpėse neaugo ir tik po daugybės eksperimentų australui nusišypsojo sėkmė – Petri lėkštelėse, padėtose išmesti, po savaitgalio išaugo

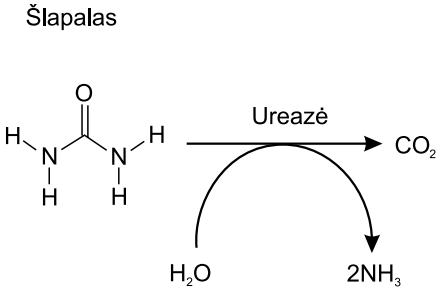


Danius Janciauko mikroskopu gauta nuotrauka

2 pav. Skrandžio gleivinės epitelio paviršiuje ir gleivėse gausu *Helicobacter pylori* – pažymėta rodyklėmis.

bakterijos. Tam, kad įrodytų, jog šios bakterijos gali sukelti skrandžio uždegimą, B. Dž. Maršalas išgėrė bakterijų kultūros. Po poros savaičių atlikus pakartotinę (pirmojo tyrimo metu skrandžio gleivinė buvo sveika) jo skrandžio endoskopiją ir paėmus gleivinės gabalėlį, patvirtinta hipotezė, kad ši bakterija sukelia lėtinį skrandžio uždegimą.

Kaip ši bakterija gali išgyventi druskos rūgšties terpėje? Pasirodo, ji išskiria ureazę – fermentą, skaidantį audinių skysčiuose esantį šlapalą į amoniaką, anglies dioksidą ir vandenį (3 pav.), ir taip aplink save sukuria šarminę terpę (4 pav.). Skrandžio gleivinės paviršiuje, kurį kolonizuoja *H. pylori*, susidaro jai išgyventi tinkamos sąlygos. Šiuo ureaziniu aktyvumu pagrįstas *H. pylori* nustatymo testas: endoskopu paimtas skrandžio gleivinės gabalėlis uždedamas ant šlapalo ir fenolsulfonftaleino (į fenolftaleiną panašaus pH indikatoriaus) turinčios „tabletės“, kuri, veikiant *H. pylori* fermentui ureazei, nusidažo raudona spalva.



3 pav. Šlapalo skilimas veikiant fermentui ureazei.

Šią reakciją mokiniai galėtų atlikti ir chemijos kabinete.

Kitas klausimas, į kurį ilgai ieškota atsakymo, – kodėl šios bakterijos poveikis ja užsikrėtusiems žmonėms toks nevienodas? Kodėl daugumai išsivysto dažniausiai jokių ligos požymių neturintis ir visą gyvenimą besitęsiantis lėtinis paviršinis gleivinės uždegimas, o apie 10 % užsikrėtusiųjų išsivysto skrandžio ar dvylikapirštės žarnos opos? Kodėl 6–8 % žmonių *H. pylori* sukelia atrofinį skrandžio uždegimą (ikivėžinį susirgimą), o 1–1,5 % – skrandžio vėžį? Kaip vystysis liga, labai priklauso nuo organizmo genetinių savybių ir bakterijų virulentiškumo (gebėjimo sukelti ligą). Tiems, kurių didelis skrandžio rūgštingumas nulemtas genetiškai, užsikrėtus *H. pylori* dažniau vystosi paviršinis skrandžio tolimosios dalies – urvo – uždegimas ir yra didesnė rizika susirgti dvylikapirštės žarnos opalige, o tiems, kurių skrandžio rūgštingumas nedidelis, dažniau vystosi atrofinis viso skrandžio gleivinės uždegimas ir šie asmenys labiau linkę sirgti skrandžio opa ir skrandžio vėžiu (5 pav.).

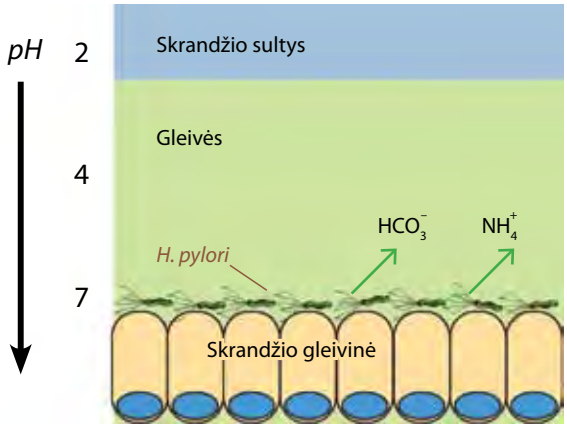
1994 metais Lietuvos sveikatos mokslų universitete (LSMU, tada buvo Kauno medicinos akademija) buvo įkurta Lietuvos *H. pylori* tyrimų grupė, kurią sudarė mikrobiologai, patologai, molekulinės biologijos specialistai, gastroenterologai. Mums pirmiesiems Lietuvoje pavyko išskirti ir išauginti šią sunkiai išauginamą bakteriją (tai 1995 metais padarė mikrobiologė dr. Jolanta Miciulevičienė), išnagrinėti jos genetines savybes, paplitimą, virulentiškumo veiksnius, atsparumo antibiotikams genetinius mechanizmus, bakterijos reikšmę skrandžio uždegimo, opaligės, skrandžio vėžio išsivystymui (genetiniai ir epigenetiniai šio proceso mechanizmai), nustatyti veiksmingiausius antibiotikų derinius jai išnaikinti. Ši mokslininkų grupė glaudžiai bendradarbiavo su Europos *H. pylori* tyrėjų organizacija, o šių eilučių autorius prof. Limas Kupčinskas kartu su kitais mokslininkais rengė Europos *H. pylori* sukeltų ligų diagnostikos ir gydymo rekomendacijas.

Genetiniai lietuviškosios *H. pylori* tyrimai parodė, kad egzistuoja vadinamosios ulcerogeninės (sukeliančios opą) bakterijos padermės, kurios dažniausiai turi virulentiškumą koduojančius genus. *H. pylori cagPAI* ir *vacA s1* genotipų padermės sukelia dvylikapirštės žarnos opaligę, o *vacA* s^2/m^2 genotipo padermės – lėtinį gastritą. Taip pat tyrėme, ar egzistuoja vėžį sukeliančios bakterijos padermės. Mūsų darbai parodė, kad sergančių skrandžio vėžiu dažniau nei kontrolinių asmenų kraujo serume yra antikūnų prieš *H. pylori* mažos molekulinės masės (94 kDa ir 30 kDa) antigenus, taip pat antikūnų prieš citotoksino A[1] ir vakuolizuojančio toksino[2] derinį (Cover, Atherton 2009). Iš to galima daryti prielaidą, kad užsikrėtus bakterijų padermėmis, turinčiomis tam tikrus *H. pylori* virulentiškumą nulemiančius baltymus (prieš kuriuos ir susidaro minėti antikūnai), dažniau gali išsivystyti skrandžio vėžys. *H. pylori* bakterija sukelia gleivinės uždegimą, o jis gali išsivystyti arba neišsivystyti (priklauso nuo bakterijos virulentiškumo ir organizmo genetinių savybių) į ikivėžinį susirgimą – atrofinį gastritą, o vėliau net į skrandžio vėžį. Ar išsivystys skrandžio vėžys, lemia naviką slopinantys žmogaus genai, taip pat rūkymas, alkoholio vartojimas, nitrozoaminų turintis maistas. Mes tyrėme vieno iš naviką slopinančių genų – *TPEF* – raiškos[3] pokyčius ir nustatėme, kad daugumos sergančiųjų vėžiu šis genas turi metilintą (prijungta metilgrupė) DNR ne tik vėžiniame audinyje, bet ir sveikoje skrandžio gleivinėje. Taigi, šio geno metilinta DNR galėtų būti vienas iš ankstyvų ikivėžinės būklės biožymenų. *TPEF* geno raiška buvo sutrikusi tik naviko audinyje. Nors sveikoje

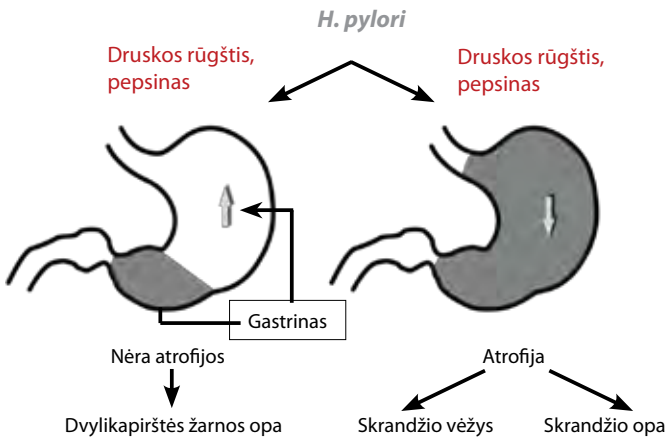
[1] Citotoksinas – medžiaga, žudanti ląstelę ar slopinanti jos augimą.

[2] Šis *H. pylori* išskiriamas toksinas pažeidžia skrandžio gleivinės ląstelių membranas ir suformuoja „kanalus“ šio ir kitų bakterijų toksinų patekimui į ląstelę.

[3] DNR molekulėje esančios informacijos nuskaitymas (RNR ar baltymo sintezė).



4 pav. *H. pylori* išskiria specialų fermentą ureazę, kuris skaido audinių skysčiuose esantį šlapalą, ir taip sukuria aplink save šarminę terpę. Todėl skrandžio gleivinės paviršiuje, kurį kolonizuoja *H. pylori*, susidaro jai išgyventi tinkamos sąlygos (parengta pagal http://www.helico.com/h_general.html).



Limo Kupčinsko iliustracija

5 pav. Kokios skrandžio ligos gali išsivystyti, priklauso nuo bakterijų *H. pylori* virulentiškumo ir organizmo genetinio polinkio.

skrandžio gleivinėje 5-metilcitozino kiekis buvo padidėjęs, jo buvo daug mažiau nei to paties ligonio vėžiniame audinyje. Ši gleivinė iš tikrųjų nebuvo sveika – ištyrus ją mikroskopu nustatyti ikivėžinio susirgimo – atrofinio gastrito – požymiai. Todėl galima daryti prielaidą, kad ikivėžinio susirgimo stadijoje DNR dar nebuvo tiek metilinta, kad sutrikdytų vėžį slopinančio geno raišką ir sužadintų vėžio vystymąsi.

Ar galima ikivėžinį susirgimą – atrofinį gastritą – nustatyti neinvaziniu būdu, t. y. be skrandžio gleivinės biopsijos? Nustatėme, kad skrandžio gleivinės išskiriamo virškinimo fermento pepsino pirmtakų pepsinogeno I ir pepsinogeno II santykio sumažėjimas kraujyje rodo skrandžio gleivinės atrofiją[4].

H. pylori sukelta opaligė gydoma antibiotikų deriniais ir yra visiškai išgydoma. Tačiau tik užgydžius opą, bet neišnaikinus bakterijų, liga 50 % atvejų atsinaujina jau per metus. Pagal tarptautines rekomendacijas, kas 3–5 metai reikia tirti šios bakterijos jautrumo antibiotikams pokyčius. Rezultatai rodo, kad lietuviškoji bakterija vis dar jautri pagrindiniams antibiotikams, išskyrus metronidazolį. Ištyrėme atsparumo antibiotikams molekulinius mechanizmus ir nustatėme, kad atsparumas antibiotikui klaritromicinui susijęs su taškine rRNR mutacija (nukleotidų sekos pokyčiais), o atsparumą tetraciklinui lemia daugybinės mutacijos.

Kuo naudingi mūsų tyrimai? Patvirtinome hipotezę, kad egzistuoja opas ir vėžį sukeliančios *H. pylori* padermės, ir įrodėme naviką slopinančių genų DNR metilinimo reikšmę vėžio vystymuisi. Mūsų darbai parodė, kad Lietuvoje *H. pylori* yra užsikrėtę 70 % vidutinio amžiaus žmonių, ir tik 10–20 % – vaikų. Šia bakterija paprastai užsikrečiama vaikystėje (iki 5 metų amžiaus), todėl galima numatyti, kad po 25–35 metų (kai užaugs bakterija neužsikrėtusių dabartinių vaikų karta, o vaikystėje užsikrėtę bakterija vyresni žmonės natūraliai pasitrauks – tai epidemiologijoje vadinama kohortos efektu) užsikrėtusiųjų šia bakterija labai sumažės. Taip dėl pagerėjusių gyvenimo ir higienos sąlygų ši bakterija gali išnykti iš Lietuvos žmonių populiacijos, kaip atsitiko ekonomiškai išsivysčiusiose šalyse. Pavyzdžiui, Vokietijoje, Belgijoje vaikai šios bakterijos jau nebeturi, ja užsikrėtę daugiausia vyresnio amžiaus žmonės.

Į *H. pylori* panašios bakterijos gyvena daugelio žinduolių skrandyje (kiekviena žinduolių rūšis turi savą specifinę spiralinių bakterijų rūšį). Tačiau daugumai žinduolių šios į *H. pylori* panašios bakterijos nesukelia opaligės ar skrandžio vėžio. Mokslininkai dar negali paaiškinti, kodėl šios rūšies bakterijos pavojingos tik žmogui, – tai tolesnių tyrimų objektas. Kokios galėtų būti *H. pylori* išnykimo pasekmės žmogui? Galima prognozuoti, kad labai sumažėtų sergamumas skrandžio vėžiu ir šios bakterijos sukelta opalige, tačiau padidėtų sergamumas gastroezofaginio refliukso liga (GERL), pasireiškiančia rėmeniu, taip pat aspirino ir vaistų nuo sąnarių skausmų (šių vaistų, senstant visuomenei, suvartojama vis daugiau) sukelta opalige. Mūsų atlikti tyrimai parodė, kad *H. pylori* neužsikrėtę asmenys serga įvairiomis GERL formomis dažniau, negu užsikrėtę. GERL išsivysto dėl silpno rauko, nes rūgštus skrandžio turinys dažnai patenka į stemplę ir ją pažeidžia. O užsikrėtusiųjų *H. pylori* skrandyje mažiau išsiskiria druskos rūgšties (dėl bakterijos sukelto uždegimo išsivysčiusios skrandžio gleivinės atrofijos sumažėja druskos rūgšties sekrecija), todėl tikėtina, kad užsikrėtusių šia bakterija ir net silpną rauką turinčių žmonių stemplė nebus stipriai pažeista.

H. pylori atradimas paskatino ir kitų dar neištirtų virškinamojo trakto bakterijų nuodugnius tyrimus. Dabartinis mokslininkų susidomėjimo objektas – normali žarnyno mikroflora. Ją sudaro 1000 bakterijų rūšių, iš kurių neseniai buvo žinoma tik 300. Įdiegus naujus molekulinius ir genetikos metodus, nustatytos likusios bakterijų rūšys. O 2010 metais įvairių pasaulio šalių mokslininkų grupė žurnale „Science“ paskelbė, kad iššifruotas žmogaus žarnyno mikrobiomas – žarnyno bakterijų nukleorūgščių sekų visuma. Pasirodo, žmogaus žarnyno mikrobiomas turi 10 kartų daugiau DNR sekų negu žmogaus genomas. Žmogaus genomo ir mikrobiomo tarpusavio sąveikos tyrimai – svarbi ateities medicinos mokslinių tyrimų kryptis.

Iš 1994 metais įkurtos *H. pylori* tyrimų grupės 2008 metais buvo suformuota LSMU Gastroenterologijos klinikos Klinikinės ir molekulinės gastroenterologijos laboratorija, o 2011 metais įkurtas Virškinimo sistemos tyrimų institutas, kurio mokslininkai atlieka fundamentinius ir klinikinius tyrimus. Beje, nuo 2011 metų abiturientai LSMU ne tik gali pasirinkti medicinos, odontologijos, farmacijos, visuomenės sveikatos ar slaugos studijų programą, bet ir studijuoti naują specialybę – medicininę ir veterinarinę genetiką.

Literatūra

Cover T. L., Atherton J. C. 2009, Helicobacter pylori VacA Toxin, 127–147. In *Microbial Toxins: Current Research and Future Trends*, Caister Academic Press.

Linz B., Balloux F., Moodley Y. et al. 2007, An African origin for the intimate association between humans and Helicobacter pylori. *Nature*, 445 (7130), 915–918.

[4] Atrofija – ląstelių, audinių ar organų apimties sumažėjimas.

Pažinkime jūros gelmes

Jūratė Lesutienė, Zita Gasiūnaitė, Saulius Gulbinskas, Sergej Olenin

Dugno buveinių kartografavimas Baltijos jūroje; po vandeniu – KU BPATPI naras tyrinėtojas M. Bučas

Sergejaus Olenino nuotrauka

Nors Pasaulinio vandenyno plotas užima apie 70 procentų Žemės paviršiaus, jo gelmių tyrimai pradėti vos prieš 150 metų, kai buvo suorganizuota ekspedicija laivu „Challenger“, vadovaujama škotų biologo Č. V. Tomsono (Ch. W. Thomson). Ši okeanografijos mokslo pagrindus padėjusi ekspedicija truko penkerius metus (1872–1876), o jos biologinių, hidrofizinių, geologinių, meteorologinių ir kitų tyrimų rezultatai savo mokslinės vertės neprarado iki šiol.

Žmonijos noras pažinti vandenyno paslaptis buvo toks stiprus, kad per palyginti trumpą laikotarpį vis tobulesniais specialiai sukurtais prietaisais ir tyrimų metodais pavyko gauti naujų ir netikėtų faktų, pamatyti, išmatuoti ir net paliesti daug ką, kas slypi vandenyno gelmėse. Šios žinios pakeitė požiūrį į Žemę ir jos raidą, padėjo suprasti sausumos ir vandenynų tarpusavio ryšį, žemynų judėjimą, Žemės plutos formavimosi procesus. Pasauliniam vandenynui pažinti didelės reikšmės turėjo ir Lietuvos bei iš jos kilusių mokslininkų: K. Šimkaus, E. Trimonio, E. Jemeljanovo, V. Klemo ir kitų, darbai.

Šiuolaikinė okeanografija – tai kompleksinis mokslas, nagrinėjantis fizinius, cheminius, geologinius ir biologinius procesus vandenynuose ir jūrose. Lietuvoje kol kas daugiausia sprendžiamos Baltijos jūros problemos. Ir tai savaime suprantama, nes Lietuva, kaip jūrinė valstybė, naudodama savo teritorinės jūros ir išskirtinės ekonominės zonos išteklius, kartu su visomis Baltijos valstybėmis yra atsakinga už šios jūros ateitį. Kita vertus, mums Baltijos jūra yra vartai į Pasaulinį vandenyną.

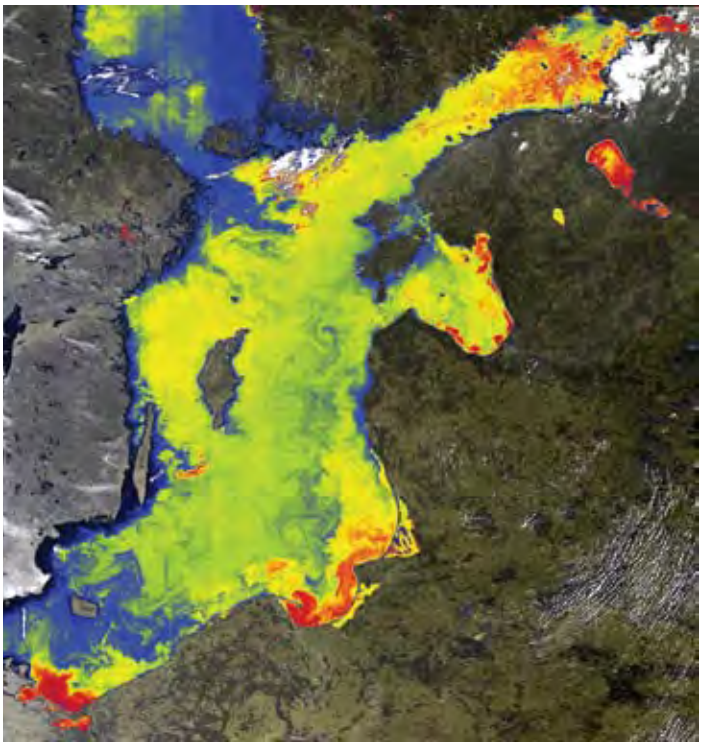
Jūriniai mokslai Lietuvoje

Ilgą laiką įvairių krypčių okeanografiniai ir jūros aplinkos tyrimai buvo atliekami įvairiose institucijose – Geologijos ir geografijos, Botanikos, Ekologijos institutuose (dabar šie institutai sujungti į Gamtos tyrimų centrą), Vilniaus universitete, Geologijos tarnyboje, Jūrinių tyrimų departamente ir kitur. Klaipėdos universitete (KU) jūriniai tyrimai buvo pradėti praėjusio dešimtmečio pradžioje, o jų pagrindą sudarė jūrų biologijos ir vandenų ekologijos darbai. Šiuo metu KU rengia jūros aplinkos ir įvairių jūrinių technologijų sričių specialistus, o KU Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo instituto (BPATPI) mokslininkai atlieka įvairius okeanografinius tyrimus. Pagrindinės BPATPI tyrimų kryptys atitinka tarptautines jūrinių mokslų aktualijas bei

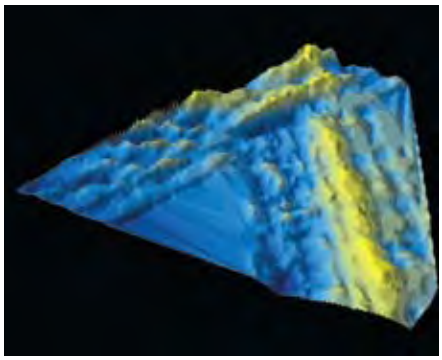
Smėlio gūbrių reljefo erdvinis vaizdas, gautas nuotoliniu būdu

Chlorofilo pasiskirstymas Baltijos jūroje, matomas iš palydovo ENVISAT (2010 m. liepos 11 d.). Didžiausia koncentracija žymima raudona spalva

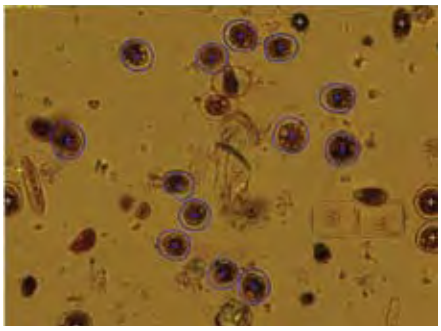
Fitoplanktono nuotrauka (padidinta 400 kartų), kurioje kompiuterinė programa atpažino ir mėlyna spalva pažymėjo *Prorocentum minimum* ląsteles



© ESA, parengė Diana Vaičiūtė



Parengė Erikas Visakavičius



Ado Gelžinio nuotrauka

sprendžia svarbius mūsų šalies ekonomikai ir žmonėms praktinius klausimus. Instituto mokslininkai analizuoja, modeliuoja ir prognozuoja įvairių jūros aplinkos komponentų elgseną, pavyzdžiui, srovių ir bangų režimą, įvairių vandens organizmų grupių mitybos ryšius, svetimkraščių rūšių vaidmenį ekosistemoje, taip pat geodinaminius procesus[1], dugno buveinių erdvines ir funkcines savybes. Na, o fundamentinės žinios apie gamtinius procesus naudojamos praktiniams tikslams: jomis remiantis vertinamas jūrų pramonės ir pajūryje vystomos ūkinės veiklos poveikis aplinkai, rengiamos kranto zonos valdymo programos, planai, krantotvarkos projektai ir rekomendacijos.

Šiuolaikinės jūrinių tyrimų technologijos...

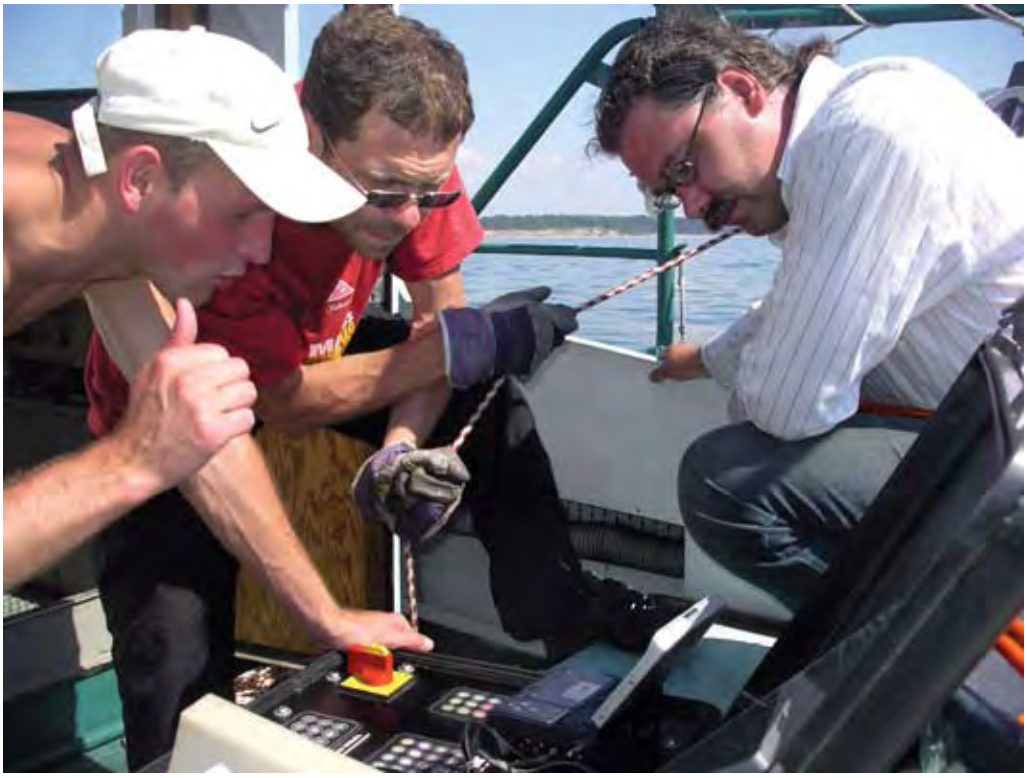
Sparti okeanografinių tyrimų plėtra būtų neįmanoma be technologijų pažangos, o pagal sudėtingumą jūros tyrimų technologijos prilygsta kosminėms. Beje, ir kai kurie jūriniams tyrimams skirti prietaisai skrieja kosmose. Pamatyti jūros dugną pro vandens storymę be specialios įrangos neįmanoma. Noras pažinti vandens pasaulį paskatino nuotolinių hidroakustinių ir seisminių metodų, giliojo gręžimo technologijų plėtrą, povandeninių aparatų kūrimą ir kita. Per laivų ekspedicijas surinkta medžiaga analizuojama laboratorijose fizikiniais, cheminiais ar kitokiais metodais. Remiantis matematiniais modeliais galima atkurti ne tik milijonus metų trunkančią vandenynų raidos istoriją, bet ir tirti jūrų ekosistemose vykstančius procesus, numatyti jų pokyčius, susijusius su klimato kaita ir vandens lygio kitimu, spręsti praktinius jūros išteklių naudojimo ir aplinkos apsaugos klausimus. Mokslininkus domina nuosėdų pasikeitimai, ruzgų[2] laukai ir kiti dugno paviršiaus ypatumai, susiję su jūroje vykstančiais fiziniais, cheminiais ir biologiniais procesais.

Jūros gelmių ir dugno tyrimai jau neįsivaizduojami be nuotolinių tyrimo metodų: tam naudojami echolotai, sonarai, povandeninės filmavimo kameros, autonominiai povandeniniai aparatai (ne paslaptis, kad daugelis šių prietaisų ir metodų buvo tobulinti karo reikmėms). Pavyzdžiui, net smulkius dugne esančius objektus (minas, palaidotą ginklą ir pan.) galima aptikti registruojant seisminių bangų sklidimą dugno paviršiumi ir jų atsispindėjimą nuo nelygumų. Pagal atsispindėjusių bangų intensyvumo pokyčius nustatoma objektų vieta. Dideliame gylyje informacija apie jūros dugną renkama povandeninėmis vaizdo sistemomis. Tokią sistemą sudaro spalvota ir nespalvota vaizdo kamera, du lazeriai, leidžiantys nustatyti filmuojamų objektų dydį, slėgio matuoklis, rodantis, kokiame gylyje yra kamera, taip pat valdymo blokas, kuriame mokslininkai mato filmuojamus vaizdus, gali keisti apšvietimo intensyvumą, įjungti ar išjungti vieną ar kitą kamerą. Įrašyti vaizdai specialiomis programomis analizuojami BPATPI dugno vaizdų apdorojimo laboratorijoje.

Tačiau vien nuotolinių tyrimo metodų nepakanka, reikalingi ir tiesioginiai jūros dugno ir gelmių tyrimai: imami vandens, dugno nuosėdų ar įvairiausių biologinių

[1] Geodinamika – mokslas, tiriantis Žemės gelmių jėgas ir dinaminius procesus, kurie dėl Žemės, kaip planetos, evoliucijos lėmė energijos ir medžiagos judėjimą visose geosferose.

[2] Srovės sudaromos bangelės smėlio paviršiuje.



Mokslininkai M. Bučas, D. Daunys ir doktorantas A. Šaškov nuotoliniu būdu stebi jūros dugno vaizdus

Sergejaus Olenino nuotrauka

objektų mėginiai. Dugno nuosėdų mėginiai imami įvairiais gruntosemiais, gravitaciniais ir vibruojamaisiais vamzdžiais. Tiesiogiai jūros dugną tiria ir narai tyrinėtojai (dirba iki 30 m gylyje). Jie stebi dugne esančius objektus, juos aprašo (naudojamos specialios užrašų lentelės), matuoja, fotografuoja ar filmuoja nuo vandens apsaugotais fotoaparatais ir videokameromis, įvairiais įrankiais ima organizmų ar grunto pavyzdžius išsamiems tyrimams laboratorijoje. Narus nuo šalto vandens, galimų susižeidimų į aštrius dugno akmenis ar kriaukles saugo šlapio arba sauso tipo kostiumai. Svarbiausia nardymo įrangos dalis – akvalangas, sudarytas iš 10–20 l talpos baliono, pripildyto iki 200–300 atm slėgio oro, ir reguliatorius, kuris sumažina slėgį tiek, kad naras galėtų kvėpuoti. Ryškiaspalvis plūduras įspėja laivus ir motorines valtis apie po vandeniu dirbančius narus.

Remiantis geologinių tyrimų medžiaga jau gana patikimai atkurta Baltijos jūros raidos istorija, nustatyta senųjų kranto linijų padėtis, dugno nuosėdų paplitimo ir formavimosi dėsningumai, rasti smėlio šaltiniai, tinkami Palangos paplūdimiams atkurti.

... ir kosminės

Kai kurie jūrinių tyrimų prietaisai įrengti dirbtiniuose Žemės palydovuose, priklausančiuose ESA (angl. *European Space Agency* – Europos kosmoso agentūra) ir NASA (angl. *National Aeronautics and Space Administration* – Nacionalinė aeronautikos ir kosminės erdvės tyrimo valdyba). Tai spektrometrai, nuolat fiksuojantys saulės spinduliuotę, kurią sugeria arba atspindi vandenyno paviršius, o tiksliau – vandenyje pakibusios dalelės, fitoplanktono organizmai, ištirpusi organinė medžiaga. Analizuojant nuotraukas iš kosminių observatorijų gaunama informacijos apie vandenyje esančias daleles ir organizmus, jų kiekį ir pasiskirstymą. Šiuo metodu galima tirti vandens žydėjimą jūroje ir sutaupyti lėšų, skirtų aplinkos monitoringui (stebėsenai). BPATPI bendradarbiaudamas su užsienio partneriais kuria metodus Baltijos jūros ir Kuršių marių biologiniams procesams tirti pagal nuotraukas iš kosmoso (darbai vykdomi pagal ESA finansuojamą projektą MarCoast).

Dar viena kosminė technologija, naudojama tyrimams, – palydoviniai siųstuvai. Jais mokslininkai stebi jūros paukščių ir žinduolių migraciją. Siųstuvas perduoda gyvūno koordinates ir kitus duomenis į palydovą, kuris gautą informaciją persiunčia į Žemėje esančius duomenų analizės centrus. Nuo 2010 m. BPATPI dalyvauja įgyvendinant projektą „Jūrinių buveinių ir rūšių inventorizacija NATURA 2000 tinklo plėtrai Lietuvos ekonominėje zonoje Baltijos jūroje“. Vykdant šį projektą stebimi jūros paukščiai. Palydoviniai siųstuvai padeda susekti, kur paukščiai skrenda, kaip ilgai būna žiemojimo vietose, kokiu maršrutu skrenda į perėjimo vietas, kur ir kiek užsibūna tarpinėse apsistojimo vietose, kur peri ir maitina jauniklius. Naudojant tokius sekimo būdus galima labai daug sužinoti apie paukščių biologiją ir pritaikyti įvairius jų apsaugos būdus. Pavyzdžiui, sibirinės, paprastosios gagos, nuodėgulės ir ledinės antys po perėjimo šiaurėje Lietuvos jūros pakrantę pasirenka žiemojimui – Lietuva jiems tuo metu tampa „šiltaisiais kraštais“.

Svetimkraštės rūšys atkanka laivais

Pastaraisiais metais vis daugiau dėmesio skiriama žmogaus veiklos sukeltoms biologinėms invazijoms. Naujos organizmų rūšys staiga atsiranda už jų natūralaus arealo ribų, pavyzdžiui, atplukdomos laivais jų balastiniame vandenyje, su gyvais jūros produktais, žvejybos įrankiais ir kitais būdais. Tokios svetimkraštės rūšys dažnai neturi priešų, parazitų ar konkurentų, galinčių sustabdyti jų spartų plitimą naujoje aplinkoje. Kai kurios invazinės fitoplanktono dumblių rūšys gali sukelti nuodingą vandens žydėjimą, pakeisti vietinių bendrijų struktūrą

AGNIESZKOS TATAREK NUOTRAUKA

Lietuvos ir Lenkijos tyrėjai Špicbergene

ir sutrikdyti ekosistemos funkcionavimą. Ypatingais atvejais jos gali būti pavojingos žuvims, jūros žinduoliams ir kitiems vandens organizmams ar net žmonių sveikatai. Įprastinis būdas joms aptikti – mėginio analizė mikroskopu – reikalauja itin aukštos fitoplanktono eksperto kvalifikacijos. Dėl to taupant sąnaudas analizuojamas tik ribotas mėginių kiekis.

Mikroskopu darytų fitoplanktono ląstelių vaizdų automatinis analizavimas – puiki klasikinio metodo alternatyva ir galimybė greitai ir lengvai tirti daug daugiau mėginių. Kauno technologijos ir Klaipėdos universitetų mokslininkai šiuo metu kuria daug našesnį ir tikslesnį automatizuotą fitoplanktono analizės metodą. Kitas žingsnis – fitoplanktono automatinio aptikimo sistemą susieti su fizikinių ir cheminių parametrų matavimo prietaisais. Jau sukurtas automatizuoto kompiuterinio atpažinimo algoritmas, kuris mikroskopu darytoje nuotraukoje gali atpažinti iki 93 % dumblių svetimkraštės rūšies *Prorocentrum minimum* ląstelių.

Jūrinių mokslų studijos

Kinta istoriškai Lietuvoje susiklosčiusios jūrinės veiklos tradicijos, vis aiškiau suvokiama, kokia svarbi žmogui ir valstybei yra jūra. Tam reikalingi jūriniai tyrimai ir geri specialistai. Juos ugdo Klaipėdos universitetas. Jūrų technikos fakultete ir Jūreivystės institute rengiami laivavedžiai ir laivų statytojai, uostų operacijų specialistai, Gamtos ir matematikos mokslų fakultete – ekologijos ir aplinkotyros, hidrologijos ir okeanografijos bei jūrų hidrologijos bakalaurai ir magistrai. Pagal *Erasmus Mundus* programą Klaipėdos universitetas bendradarbiauja su Gento, Paryžiaus, Ovjedo (Oviedo), Brėmeno (Bremen) ir Algarvės (Algarve) universitetais. Taip pat dalyvauja rengiant mokslo daktarus tarptautinėje doktorantūroje.

Paprastosios gagos Ekkerøy, Norvegijoje; 2009 m. birželis. Iš čia jos skris žiemoti prie Lietuvos krantų

JULIAUS MORKŪNO NUOTRAUKA

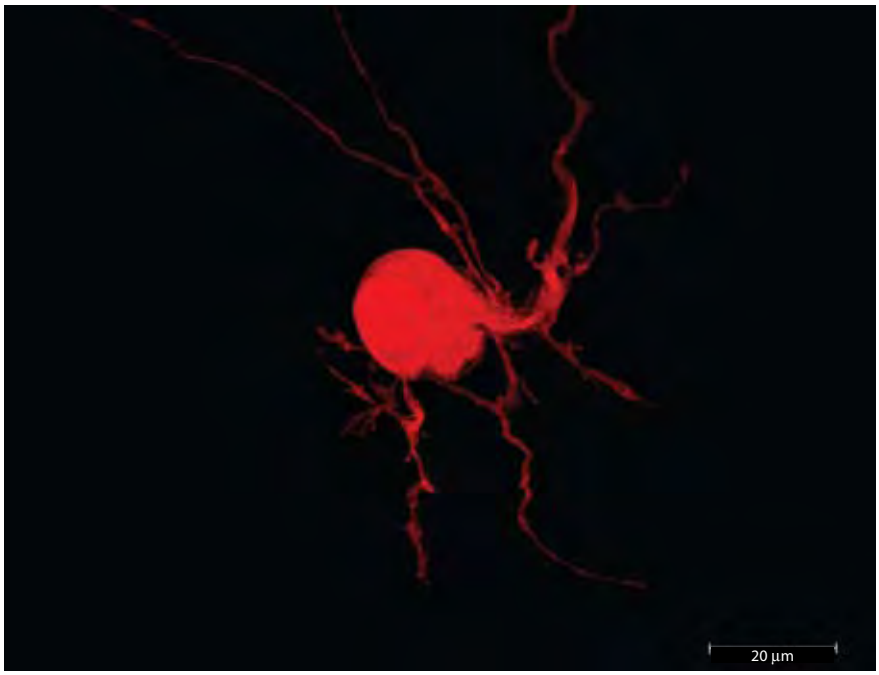
Jautrioji širdis ir jos anatominiai tyrimai

Dainius H. Pauža

Nors posakiai „akys mato – širdis trokšta“, „plyšta širdis iš gailesčio“, „galvok protu, jausk širdim“, „mylėk širdimi“ arba tiesiog žodžiai „geraširdis“, „kilniaširdis“ ar „kietaširdis“ yra visiems savaime suprantami, jie dažnai aptariami Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Anatomijos institute (LSMU AI), kurio mokslininkai jau beveik keturis dešimtmečius tyrinėja širdies nervinę reguliaciją. Jausmai ir jutimai susiję su nervų sistemos veikla, tai kodėl dalį savo švelniausių ir kilniausių jausmų taip neabejotinai siejame su širdimi, kuri, anot širdies chirurgų, yra tik kraujo siurblys. Anatomijos institute įvairiais metodais ir prietaisais tiriama ne tik žmogaus širdis. Daugelis žmogaus širdies neuroreguliacijos hipotezių patikrinamos pirmiausia tiriant laboratorinių gyvūnų, tarp jų net ir didžiosios mokslo kankinės varlytės, širdis. Širdis priskiriama gyvybiškai svarbiems organams, dėl kurių veiklos sutrikimų (net ir trumpalaikių) gali staiga nutrūkti žmogaus gyvybė arba jis gali tapti neįgalus visam likusiam gyvenimui. Pasaulyje žmonių mirštamumas nuo širdies ligų ir jos veiklos sutrikimų yra pats didžiausias ir pralenkia net mirštamumą nuo onkologinių (vėžinių) susirgimų. Įdomu, kad žmogus, kurio širdis ūmiai „susirgo“, ne tik pajunta, kad jo krūtinėje širdis apsunko ar „apsivertė“, bet jį taip pat sukausto mirties baimė, keičianti jo mąstyseną, kartu ir elgseną. Tad ar iš tikrųjų mes galime jausti širdimi? Ar „kilni“, „gera“, „kieta“ žmogaus širdis gali būti atpažinta anatomiškai ir, jei taip, tai pagal kokius požymius? Kodėl nuolatinę nervinę įtampą (stresą) jaučiančio žmogaus širdies veikla dažniausiai anksčiau ar vėliau sutrinka? Ar galima išgydyti tokio ligonio širdį? Atsakymų į šiuos ir panašius klausimus ieško Anatomijos instituto tyrėjai.

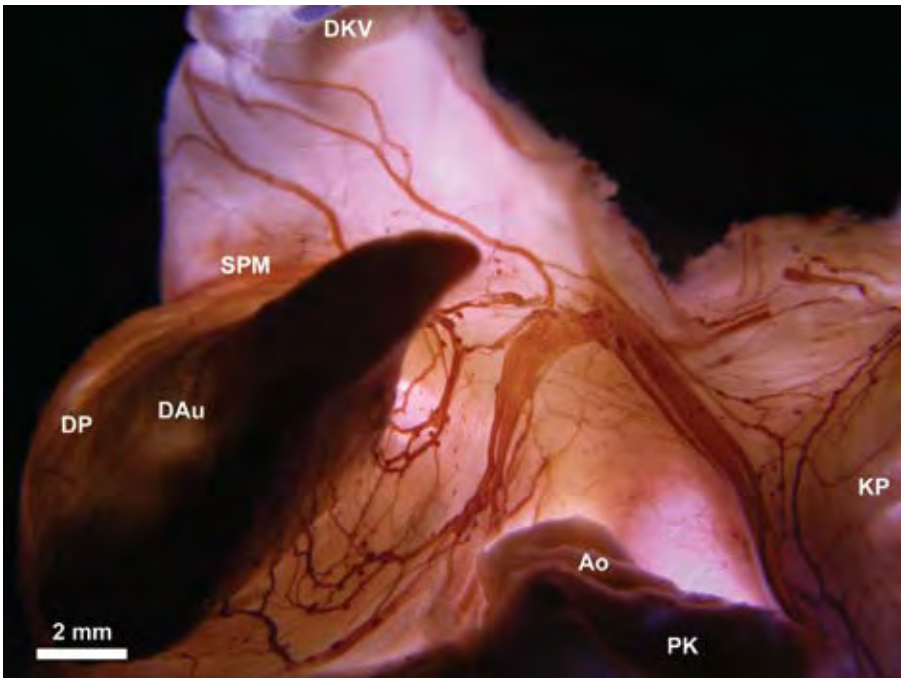
Žmogaus ir gyvūnų širdyse yra daugybė nervų ir nervinių ląstelių (neuronų). Visa tai sudaro sudėtingą sistemą, nerviniais ryšiais susijusią ne tik tarpusavyje, bet ir su nugaros ir galvos smegenimis. Širdyje esanti nervų sistema yra vidusieninis nervinis rezginys, kurį sudaro nervai, nuo jų atsišakojančios nervinės skaidulos ir neuronų telkiniai, vadinami nerviniais mazgais, arba ganglijais. Nuo vidusieninių širdies nervų atsišakojančios nervinės skaidulos yra dvejopos. Vienos nervinės skaidulos (aksonai) turi ypatingus dangalus, vadinamus mielininiais. Mielininėmis nervinėmis skaidulomis nerviniai impulsai sklinda labai greitai, todėl jos yra pagrindiniai jutiminių signalų „nešėjai“ iš širdies į smegenis. Antrojo tipo nervinės skaidulos tokių dangalų neturi, todėl jos vadinamos nemielininėmis. Nerviniai impulsai nemielininėmis skaidulomis sklinda daug lėčiau negu mielininėmis. Nustatyta, kad nemielininėmis skaidulomis plinta judinamieji, arba motoriniai, impulsai iš neuronų kūnų į vykdomąsias, arba efektorines, ląsteles – daugiausia į širdies ir kraujagyslių raumenines ląsteles. Širdyje vyrauja nemielininės skaidulos, nes praktiškai visų širdies ląstelių veikla yra nerviškai kontroliuojama.

Širdyje yra daugybė neuronų, kurie dažniausiai būna susigrupavę į vidusieninius ganglijus. Funkciniu aspektu dauguma širdies ganglijų neuronų yra motoriniai (perduoda impulsą raumenims ir kitiems organams), o jų poveikis efektorinėms ląstelėms priklauso ir nuo juose esančių neuromediatorių, kuriais perduodamas nervinis impulsas, ir nuo pačių efektorinių ląstelių reakcijos į neuromediatorius. Vie-



Dainiaus H. Paužos nuotrauka

Fluorescuojančiais dažais nudažytas intrakardinis pievinės varlės tarpprieširdinės pertvaros neuronas. Nors šio neurono aplinkoje buvo daug kitų ląstelių, bet nudažytą nervinę ląstelę su jos ataugomis (aksonais ir dendritais) buvo galima matyti ir tirti atskirai nuo kitų aplinkinių ląstelių.



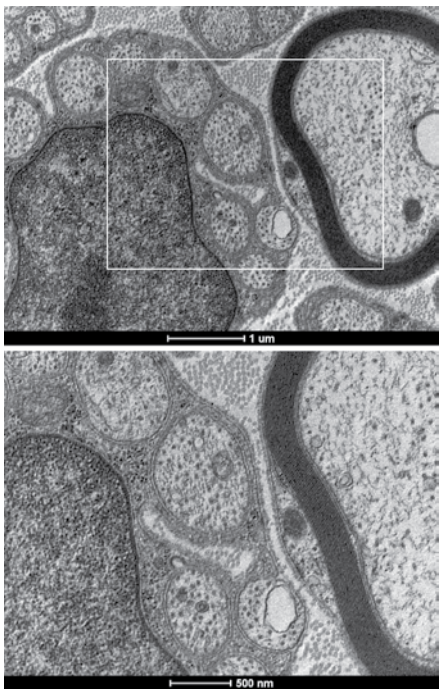
Dainius H. Paužos nuotrauka

Kiaulaitės širdies ventralinis (priekinis) paviršius. Širdies priekiniame paviršiuje specialiu metodu išryškintas nervinis rezginys (ruda spalva), kuriame prie plačių nervų matyti maži taškeliai – nerviniai mazgai (ganglijai). Nuotraukos apačioje matyti nukirptas plautinis kamienas (PK) ir aorta (Ao). Nuotraukos viršuje kairėje pusėje – dešinioji kranialinė vena (DKV), ant kurios sienos matyti į širdį nusidriekiantys nervai. Jie dešiniojo prieširdžio priekinėje sienoje nusidriekia link dešiniosios ausytės (DAu) ir kairiojo prieširdžio (KP). Dešiniojo prieširdžio (DP), DAu ir DKV sandūroje yra sinusinis prieširdžio mazgas (SPM), kuris dažnai vadinamas gyvybės mazgu arba širdies ritmo vedliu. Didžioji dalis dešiniojo prieširdžio nervų yra skirta gyvybės mazgo nervinei kontrolei. Sutrikus jo funkcijai, išsivysto širdies aritmija (ritmo sutrikimas) arba širdis gali visai nustoti plakti.

ni neuromediatoriai širdies veiklą slopina, kiti – priešingai, aktyvina ir stiprina širdies funkcijas. Jei nervinis poveikis širdį aktyvina, neuronai vadinami simpatiniais, jei slopina – parasimpatiniais. Pastarieji vyrauja širdies ganglijuose, o simpatiniai yra susitelkę ne širdyje, bet specialiuose išilgai stuburo išsidėsčiusiuose kakliniuose ir krūtininiuose simpatiniuose mazguose. Tačiau visai neseniai buvo atrasta, kad širdies ganglijuose gali būti ir neuronų, turinčių simpatinių neuronų neuromediatorių. Dar įdomiau tai, kad vos prieš dešimtmetį širdyje buvo rasta neuronų, kurie savo kūnuose sintetina, vėliau perneša į savo ataugas ir motorinių ataugų galūnėlėse (terminalėse) išskiria simpatinių ir parasimpatinių neuronų neuromediatorius (atitinkamai noradrenaliną ir acetilcholiną). Tokių neuronų reikšmė ir veikimo mechanizmas širdyje iki šiol nėra žinomi, tačiau jie aptikti ne visų gyvūnų širdyse.

Širdies vidusieniniai ganglijai išsidėsto tik tam tikrose vietose, dažniausiai vainikinėje vagoje, ant prieširdžių ar didžiųjų širdies kraujo indų žiočių (aortos, plautinio kamieno, tuščiųjų ar plautinių venų) sienų. Manoma, kad specifinėse širdies vietose esantys neuronai atsakingi už tų vietų nervinę reguliaciją. Jei dėl kokių nors priežasčių, pavyzdžiui, kardiochirurginės operacijos, žūsta tam tikros širdies vietos neuronai, ši širdies zona ar jos struktūra gali būti denervuota ir taip gali sutrikti viso organo veikla (atsiranda širdies ritmo sutrikimai, kraujospūdžio nestabilumas, vainikinių kraujagyslių spazmai, širdies vožtuvų nesandarumas ir pan.). Nustatyta, kad intrakardiniai (esantys širdyje) neuronai gali būti ir labai neįtikėtinose vietose, pavyzdžiui, jauniems žmonėms, kai kuriems žinduoliams ir paukščiams būdingi ant skilvelių paviršių išsidėstę ganglijai, kurie širdžiai susitraukiant nuolat „trinasi“ į širdiplėvę. Iki šiol mįslė, kaip širdies skilvelių neuronai tokiomis sąlygomis gali normaliai funkcionuoti, nes niekur kitur organizme tokioje „trankioje“ aplinkoje nervinės ląstelės nėra paplitusios.

Širdies ganglijų dydis labai nevienodas. Vienuose ganglijuose nervinių ląstelių būna vos keliolika, kituose – ir per tūkstantį galima suskaičiuoti. Paaiškėjo, kad ganglijų dydis nepriklauso nuo jų skaičiaus širdyje, o intrakardinių neuronų skaičius yra individualus ir kintantis, bet taip pat ir labai specifinis kiekvienai gyvūnų rūšiai. Intrakardinių neuronų skaičius nesusijęs su širdies dydžiu – panašaus dydžio skirtingų gyvūnų širdis gali kontroliuoti labai skirtingas intrakardinių neuronų kiekis. Bendras intrakardinių neuronų skaičius labiausiai priklauso nuo individo amžiaus – naujagimiai ir jauni individai turi daugiau intrakardinių neuronų, negu suaugę ar seni. Tačiau yra ir išimčių, pavyzdžiui, senos laboratorinės žiurkės širdyje visuomet yra daugiau intrakardinių neuronų nei jaunos žiurkės. To iki šiol niekas nepaaiškino, bet manoma, kad žiurkės širdyje nervinės ląstelės reguliariai diferencijuojasi iš kamieninių ląstelių, esančių širdyje ir kituose organizmo audi-

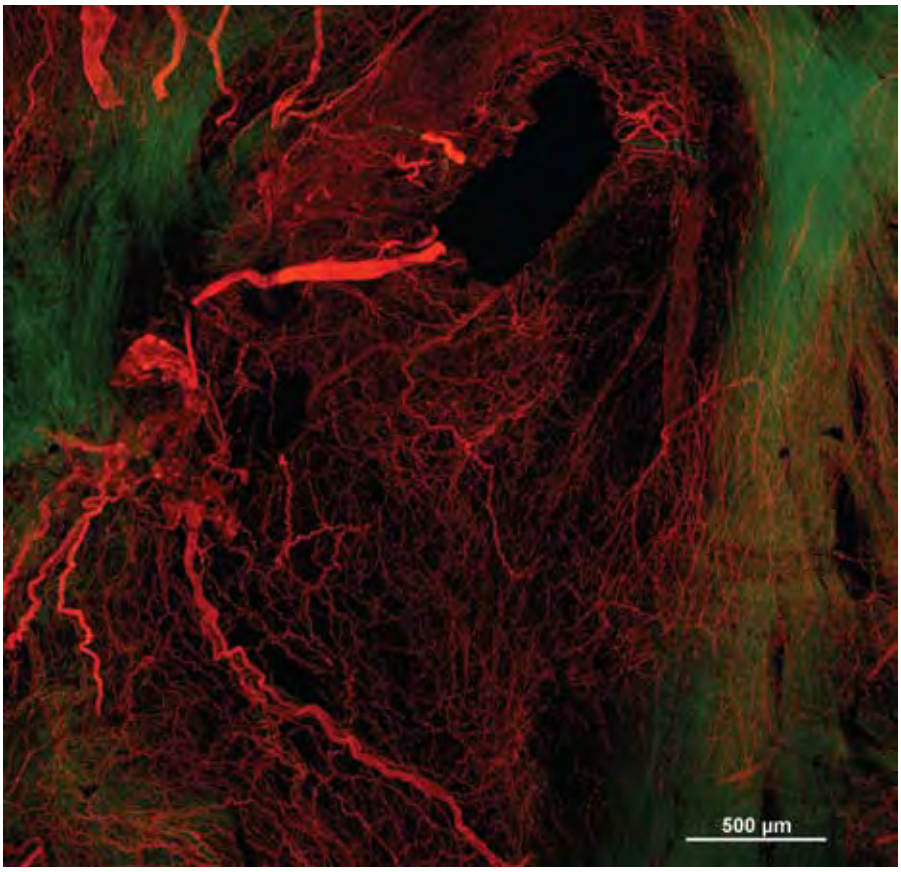


Dainius H. Paužos nuotrauka

Pelės širdies nervinės skaidulos. Viršutinėje nuotraukoje, padarytoje elektroniniu mikroskopu, pateiktas pelės intrakardinio nervo nemielininės ir mielininės (tamsus puslžiedis dešinėje) nervinių skaidulų skerspjūvis. Mielininės nervinės skaidulos aksoną dengia storas mielininis dangalas (jį sudaro pagalbinės nervinės ląstelės lemocitai), o nemielininių skaidulų aksonai išsidėsto lemocitų giliose vagose. Viršutinės nuotraukos dešinėje ir apačioje matyti lemocito ląstelės branduolio skerspjūvis, o stačiakampiu pažymėta sritis padidinta ir pavaizduota apatinėje nuotraukoje.

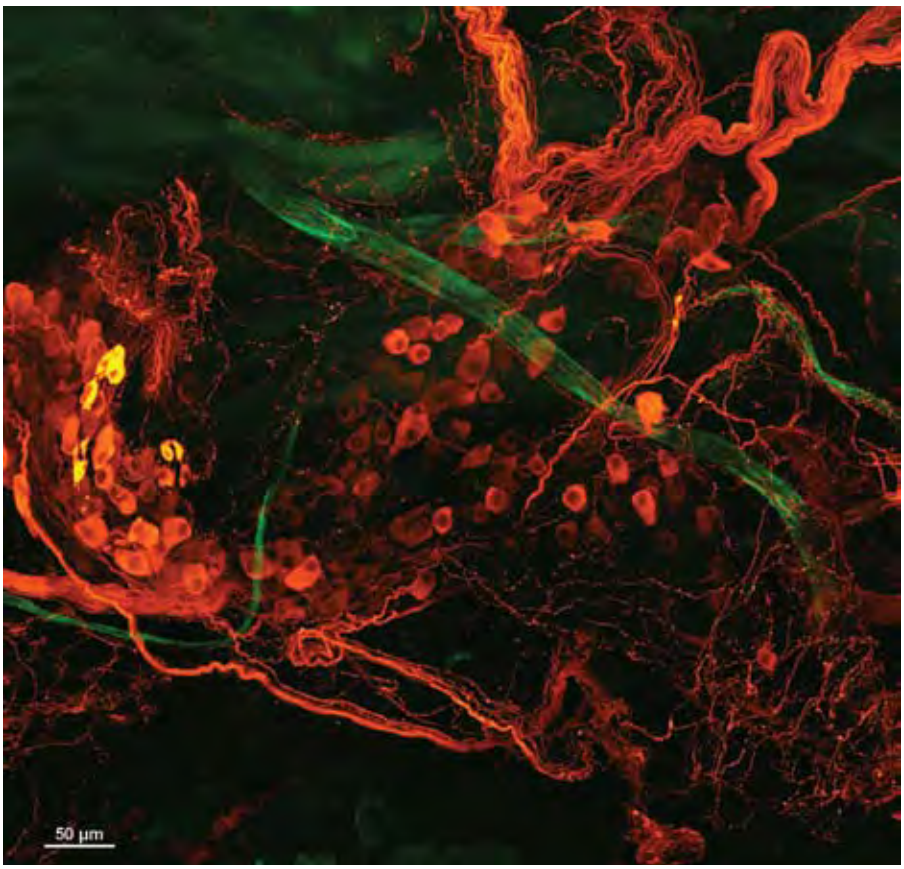
niuose. Įdomu tai, kad to paties amžiaus, rūšies ir net lyties gyvūnų širdyse bendras intrakardinių neuronų skaičius gali skirtis daugiau kaip tris kartus, o specifinėse širdies vietose – net iki 100 kartų! Suprantama, analizuojant, kodėl taip skiriasi intrakardinių neuronų skaičius, nenorom kyla asociacijos apie „jautrias“, „geras“, „kietas“ širdis. Juk sunku paneigti, jog širdis, kurioje yra keliolika kartų mažiau nervinių ląstelių, nėra tokia jautri kaip širdis, kurioje jų yra kelis kartus daugiau. Juk jaunų žmonių širdys daug „jausmingesnės“ už pagyvenusių ir visko mačiusių išminčių, į gyvenimą žiūrinčių itin racionaliai.

Širdies ligos negailestingos. Jei ūmia širdies liga susirgusiam žmogui nebus suteikta medicinos pagalba, pasekmės gali būti labai liūdnos. Širdies ligų priežastys – sutrikęs širdies aprūpinimas krauju, persirgtos (neretai ir infekcinės) ligos, po kurių negrįžtamai pakinta širdies struktūra. Širdies ritmo ir kraujotakos sutrikimai gydomi specialiais vaistais arba chirurgiškai, jei ligos priežastis yra tiesiog užsikimšusios širdį maitinančios vainikinės arterijos ar atsiradę papildomi širdies raumens dirginimo židiniai. Žymiai sudėtingiau gydyti ligotą širdį, jei liga jau įsisenėjusi ir palikusi savo pėdsakus – negrįžtamai pakitusį širdies raumenį (miokardą) ar jos vožtuvus. Neretai tokius ligonius galima išgelbėti tik implantavus dirbtinius vožtuvus ar net persodinus širdį. Buvo manoma, kad persodintoje donoro širdyje intrakardinė nervų sistema nefunkcionuoja, nes tokios širdies su recipiento nervų sistema nesieja nerviniai ryšiai. Prireikė kelių dešimtmečių suprasti, kad persodinta donoro širdis ne tik išsaugo savo vidusieninės nervų sistemos funkcijas, bet po širdies persodinimo operacijos praėjus tam tikram laikui sudaro naujus nervinius ryšius su recipiento smegenimis. Recipiento nervų sistema taip pat „nori“ paveikti persodintos širdies veiklą, nes nuo efektyvaus širdies darbo priklauso viso žmogaus organizmo gyvavimas. Todėl širdies persodinimo ar kitų chirurginių operacijų metu žinios apie intrakardinės nervų sistemos anatomiją yra tokios pat neįkainojamos, kaip ir sveika žmogaus širdis.



Dainius H. Pauzos nuotrauka

Pelės dešiniojo prieširdžio simpatinės nervinės skaidulos. Išryškintos simpatinės noradrenaliną turinčios nervinės skaidulos (raudona spalva) ant pelės kranialinės dešiniosios venos pagrindo (juoda anga nuotraukos viršutinėje dalyje). Kairėje vidurinėje nuotraukos dalyje matyti vidusieninis neuronų telkinys (ganglijas), kuriame yra daug simpatinių noradrenaliną turinčių neuronų. Visas viršutinės dešiniosios venos pagrindas padengtas tankiu simpatinių aksonų tinklu, kurio pagrindinė funkcija – simpatinis (greitinantis, stiprinantis) poveikis šios venos pagrinde esančiam gyvybės mazgui.



Dainius H. Pauzos nuotrauka

Pelės intrakardinio ganglijo simpatiniai neuronai. Oranžine spalva pažymėtos laboratorinės pelės širdies nervinės struktūros, turinčios noradrenalino ir atliekančios simpatinę funkciją. Nuotraukoje matomos oranžinės siūlinės struktūros – simpatiniai aksonai – susitelkia nervuose (į kaspinus panašios struktūros) arba tankiu tinklu apraizgo ganglijo sritį, kurioje taip pat daug noradrenaliną turinčių neuronų. Nuotraukos fone tamsiai žalia spalva pažymėtos pelės širdies darbinės ir stambesnių kraujagyslių lygiosios raumeninės ląstelės.

Paklaidos nėra klaidos

Donatas Narbutis

Įsivaizduokite, kad jūs tikrinate hipotezę. Dažniausiai atsakymai būna tokie: *mažai tikėtina, galbūt, labai tikėtina*, ir tik labai retais atvejais – tvirtas *taip* arba *ne*. Būtent tokie „švariausi“ eksperimentai kartais įvertinami Nobelio premija. Mūsų tikslas – suprasti, iš kur atsiranda matavimo paklaidos, išmokti jas apskaičiuoti ir sugebėti įvertinti, kiek patikimi turi būti matavimų duomenys, kad būtų galima paneigti arba patvirtinti iškeltą hipotezę.

Hipotezės

Dažniausiai tyrimams atlikti reikia labai daug pastangų, todėl vien dėl šios priežasties būtina pirmiausia įsitikinti, ar hipotezę verta tikrinti. Jei nusprendėte, kad verta, reikia žinoti, kiek tikslūs turi būti matavimo duomenys. Gal jums nebūtinas tikslus prietaisas? Kas geriau: atlikti daugiau matavimų nelabai tiksliu prietaisu ar mažiau matavimų tikslesniu prietaisu ir sutaupyti laiko? Svarbiausia suprasti, kad nieko negalima išmatuoti visiškai tiksliai. Toliau šiame straipsnyje aptarsime tai, kas susiję su matavimų tikslumu.

Iškeltos hipotezės likimą galite sužinoti pasižiūrėję į diagramą – jei jūsų tirto reiškinio teorinis modelis sutampa su jūsų eksperimento duomenimis, hipotezė patvirtinta. Jei nesutampa – hipotezė atmesta. Bet tai nebūtinai reiškia, kad jūsų hipotezė klaidinga – galbūt kur nors įsivėlė klaida. Todėl darbe būtina pateikti įvertį, kuris parodo hipotezės patvirtinimo arba paneigimo patikimumą. Pavyzdžiui, jei meteorologinė prognozė numato giedrą (teorinis numatymas), o jūs iš suplanuotos kelionės grįžote sulyti (eksperimentinis rezultatas), verta ieškoti patikimesnio prognozės šaltinio. Kas galėtų būti prognozės patikimumo įvertis? Skaičius, parodantis, kiek kartų iš šimto, kai teorinis modelis prognozavo giedrą, iš tiesų buvo giedra. Kuo jūsų eksperimento duomenys artimesni teoriniams, tuo didesnė tikimybė, kad hipotezė teisinga. Patvirtinęs hipotezę tyrėjas gali džiaugtis perpratęs gamtos veikimo kodą. Tačiau ir klaidingai hipotezei tikrinti sugaištas laikas nepraeina veltui – sudaromos prielaidos naujoms hipotezėms gimti.

Matavimai

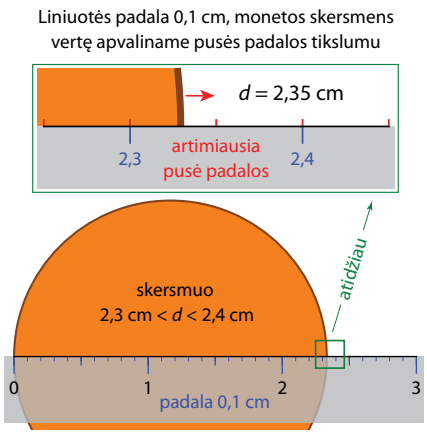
Su matavimais susidūrėte taip anksti, kad to net neprisimenate, – tik gimus išmatavo jūsų ūgį ir svorį... Darželyje palyginti ūgį nebuvo sudėtinga: du vaikai suremdavo nugaras, o „teisėjas“ nustatydavo, kuris yra aukštesnis. Beje, batus paprašydavo nusiauti, kad neatsirastų **sistemingoji matavimo paklaida**.

Jei norime išmatuoti objekto matmenis, juos reikia palyginti su standartiniu ilgiu, jei masę – su standartine mase. Kad kiekvieną kartą nereikėtų važiuoti į Prancūziją[1] ko nors pasverti, naudojamos sukalibruotos svarstyklės. Matavimo priemonės paklaida ir naudojimo sąlygos pateikiamos jos instrukcijoje, o paprastesnių priemonių, pavyzdžiui, liniuotės, matavimo paklaida yra lygi pusei padalos vertės. Jei matavimo priemonių nesugadinsite, jos matuos tam tikru tikslumu. Planuojant eksperimentą būtina iš anksto įvertinti, kokio matavimo tikslumo jums reikia. Jei tiriamasis objektas per dieną pasunkėja 0,5 g, šio pokyčio neišmatuosite svarstyklėmis, kurių matavimo paklaida yra 1 g. Vadinasi, reikia rinktis kitą priemonę ar net matavimo metodą.

Labai svarbu įvertinti eksperimento metu atliekamo **matavimo paklaidą** – t. y. nustatyti, kiek matavimo duomenys gali skirtis nuo tikrosios matuojamo dydžio vertės. Matavimo paklaidą sudaro: **matavimo priemonės paklaida** ir **atsitiktinės matavimo paklaidos**. Atsitiktines matavimo paklaidas nulemia įvairūs veiksniai, kuriuos nustatyti ir pašalinti gali būti labai sunku, o kartais net neįmanoma – apie šias paklaidas kalbėsime kitame skyrelyje.Tais atvejais, kai atsitiktinė matavimo paklaida maža, **suminė matavimo paklaida** bus apytiksliai lygi matavimo priemonės paklaidai.

O kas yra **santykinė paklaida**? Tai matavimo paklaidos vertė, padalyta iš matuojamo dydžio vertės. Pavyzdžiui, jei sveriame 10 g daiktą svarstyklėmis, kurių matavimo paklaida 1 g, tai santykinė paklaida yra 10 % (1 g/10 g × 100 %). Jei tomis pačiomis svarstyklėmis sversime 1 g objektą, tai santykinė paklaida jau bus net 100 %.

Vienas iš matavimo paklaidų šaltinių yra matavimo priemonės netobulumas, dėl kurio ir atsiranda sistemingoji matavimo paklaida. Kodėl matavimo priemonėmis negalima išmatuoti visiškai tiksliai? Pavyzdžiui, milimetrine liniuote matuojame monetos skersmenį (1 pav.) – nors matome, kad jis mažesnis negu 2,35 cm, tačiau matavimo duomenis reikia nurodyti pusės mažiausios padalos (0,05 cm – pusės milimetro) tikslumu, todėl rašome 2,35 cm. Jei monetos skersmenį kruopščiai pamatuotume dar kelis kartus, rezultatas nepasikeistų (jeigu nekistų aplinkos temperatūra, drėgmė, matuotume nuo tos pačios liniuotės padalos ir t. t.) – juk moneta ir liniuotė tos pačios. Kodėl tada reikia įvertinti paklaidas? Deja, nėra visiškai tiksliai matuojančių prietaisų. Pavyzdžiui, liniuotės žymės daromos tam tikru tikslumu. Jei norite įsitikinti, paimkite skirtingų gamintojų liniuotes ir palyginkite – jūsų matavimų rezultatai bus šiek tiek didesni ar mažesni. Tai **sistemingoji matavimo priemonės paklaida**. Jei nepasitikite turimu matavimo prietaisu, pamatuokite kitu, o geriau – net keliais skirtingais. Tačiau darant eksperimentą keisti matavimo būdo nederėtų. Todėl pirmiausia išsiaiškinkite, kuris matavimo būdas jums tinkamiausias. Jei matavote vienaip, o paskui norite matuoti kitu, geresniu metodu, ir nėra galimybės pakartoti pirmųjų bandymų, atlikite bent keletą kontrolinių matavimų, kad patikrintumėte, kiek skiriasi šiais dviem būdais atliktų matavimų duomenys, t. y. koks sistemingosios matavimo paklaidos dydis.



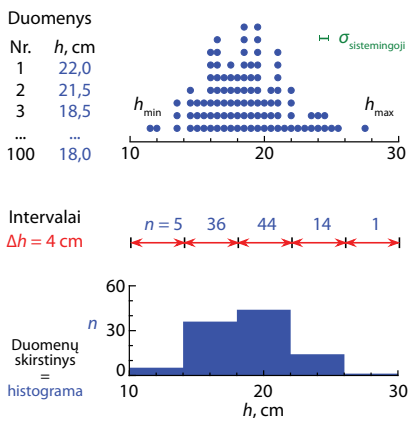
1 pav. Monetos skersmens matavimas milimetrine liniuote. Atidžiai pažiūrėję matome, kad d ~2,33 cm, bet išmatuotą vertę turime suapvalinti iki 2,35 cm.

[1] Tarptautinis svarsčių ir matų biuras (*Bureau International des Poids et Mesures*) yra Sevre (Sèvres), netoli Paryžiaus, kur saugomi ilgio ir masės etalonai.

Atsitiktinės paklaidos

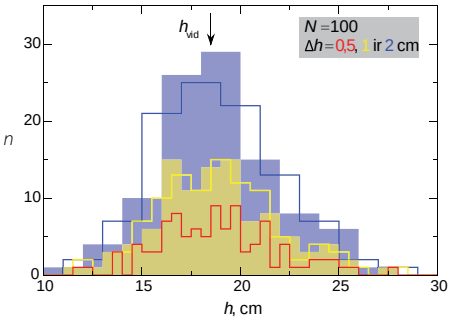
Kada prasminga bandymą kartoti kelis kartus? Kai yra **atsitiktinės matavimo paklaidos**[2] ir jų vertė didesnė negu sistemingosios matavimo paklaidos. Paprašysime katino Kaulo, kuris sutiko atsitraukti nuo slapto eksperimento, pagalbos. Hipotezė – katino reakcija greitesnė nei jaunojo tyrėjo. Eksperimentas labai paprastas: tiriantysis laiko dviem pirštais viršutinį liniuotės kraštą. Kai tik jis liniuotę paleis, tiriamasis nykščiu ir smiliumi turės ją pagauti. Atstumo, kurį nukris liniuotė, atskaitos pradžia – liniuotę gaudančiojo nykščio viršutinė dalis. Kuo mažiau liniuotė nukris, tuo reakcijos laikas trumpesnis. Jį apskaičiuojame pagal formulę: $t = \sqrt{2h/g}$, čia h – atstumas, kurį nukrito liniuotė, g – laisvojo kritimo pagreitis (9,81 m/s^2). Liniuotė kris lėtai ir yra plona, todėl į oro pasipriešinimą galima neatsižvelgti. Bandymų duomenis surašysime į lentelę ir atvaizduosime histograma (2 pav.).

Kiek tiksliai galima išmatuoti atstumą, kurį nukrito liniuotė? Nors naudojama milimetrinė liniuotė, pamatuoti 0,5 mm tikslumu neįmanoma. Kartojant bandymą bus sunku liniuotę paleisti tiksliai iš to paties aukščio, o ir ją pagavusiojo nykštys kiekvieną kartą bus kitaip pasisukęs liniuotės atžvilgiu. Remdamiesi šiais samprotavimais, tarkime, kad dėl naudojamo metodo sistemingoji matavimo paklaida yra $\sigma_{\text{sistemingoji}} = 0{,}5$ cm.



2 pav. Liniuotės kritimo 100 bandymų duomenų analizė: 1) suapvalinti 0,5 cm tikslumu duomenys surašomi į lentelę; 2) skrituliukų stulpeliais pavaizduojama, kiek kartų liniuotė nukrito tą patį atstumą; 3) suskaičiuojama, kiek verčių pateko į raudonomis rodyklėmis pavaizduotus intervalus; 4) sudaroma galutinė histograma (stulpelių aukštis atitinka į intervalą patenkančių verčių skaičių).

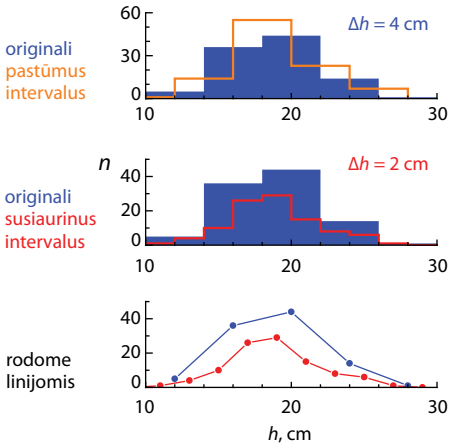
Eksperimentas turėtų būti kartojamas kelis kartus ir apskaičiuojamas vidutinis liniuotės kritimo atstumas. Tačiau katinas ir jaunasis tyrėjas net keletą kartų padarė po šimtą bandymų: dieną (12 valandą), vakare (18 valandą), naktį (24 valandą) ir vėliau išgėrę kavos. Jiems buvo įdomu patikrinti dar vieną hipotezę: kava žvalina, todėl turi sutrumpėti reakcijos laikas (niekada nekartokite katino klaidų – netikrinkite kelių hipotezių vienu metu, nes tai labai apsunkina duomenų analizę ir daro ją nevienareikšmę). Taigi, pažiūrėkime, kieno reakcija ir kada yra greitesnė. 3 paveiksle pavaizduota, kaip jaunajam tyrėjui sekėsi gaudyti liniuotę dieną.



3 pav. Jaunojo tyrėjo liniuotės gaudymo (N = 100 kartų) dieną rezultatai. Histogramos stulpelių plotis: 0,5 cm (raudona linija), 1 cm (geltona histograma), 1 cm pločio histograma pastumta per pusę stulpelio pločio (geltona linija), 2 cm (mėlyna histograma), 2 cm pločio histograma pastumta per pusę stulpelio pločio (mėlyna linija). Rodyklė žymi vidutinį atstumą, kurį nukrito liniuotė (h_{vid}).

Kodėl histogramos stulpelių aukštis kinta netolygiai? Dėl dviejų priežasčių: imties dydžio (šiuo atveju nedidelio matavimų skaičiaus N) ir duomenims vaizduoti pasirinkto stulpelio pločio bei pradinės padėties. Kuo daugiau bus matavimų, tuo tolydžiau pasiskirstys duomenys.

Padidinkime stulpelių plotį iki 1 cm (3 pav., geltona histograma) – stulpelių aukštis padidėjo maždaug du kartus ir kinta tolydžiau, šiek tiek pasikeitė histogramos forma (ties h = 16 cm ir 20 cm atsirado staigūs šuoliai). Ar šie šuoliai slepia kokį nors atradimą, ar susidarė tik dėl duomenų vaizdavimo ypatybių? Atsakyti į tai padės paprastas „stumdymo“ testas – pastumkite histogramą per pusę stulpelio pločio (4 pav.). Jei 3 pav. geltona histograma buvo nubrėžta suskaičiavus matavimų duomenis, patenkančius į intervalą h nuo 15 iki 16 cm, nuo 16 iki 17 cm ir t. t., tai geltona linija pavaizduotos histogramos duomenys patenka į intervalą nuo 15,5 iki 16,5 cm, nuo 16,5 iki 17,5 cm ir t. t. Stulpelių plotis yra tas pats – 1 cm, bet į juos patenka kiti matavimų duomenys ir minėtas staigus šuolis išnyksta, nes jis atsirado dėl duomenų vaizdavimo būdo.



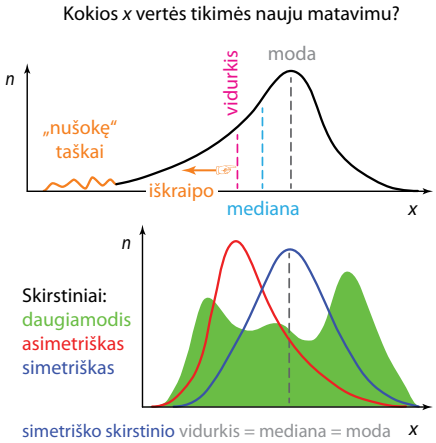
4 pav. „Stumdymo“ testas. Histograma: 1) pradinė ir gauta atskaitos tašką pastūmus per pusę stulpelio pločio; 2) pradinė ir gauta dvigubai susiaurinus stulpelius; 3) tas pats kaip ir 2), tačiau histograma pavaizduota taškais, sujungtais atkarpomis, – taip lengviau palyginti kelias histogramas.

Padidinę stulpelio plotį iki 2 cm (3 pav., mėlyna histograma) matome staigų pokytį (h = 16–20 cm, n ~ 28), kuris „pastumdžius“ stulpelius (3 pav., mėlyna linija) sumažėja. Kiek galima didinti stulpelio plotį? Viskas priklauso nuo tyrimo tikslo, tačiau jis turi būti toks, kad nepaslėptų tikrųjų reiškinio savybių.

Panagrinėkime, kodėl matavimo duomenys pasiskirsto tam tikrame intervale. Reakcijos laikas priklauso nuo daugybės atsitiktinių veiksnių. Manoma, kad jei matuojamą dydį veikia daugybė nežymių atsitiktinių veiksnių, duomenys pasiskirstys panašiai kaip histogramoje – centre yra aukščiausias stulpelis ir į abi puses matavimų skaičius mažėja simetriškai (3 pav.). Ko galėtume tikėtis, jei dar kartą pakartotume bandymų seriją? Jei jaunasis tyrėjas nepavargo, tikėtina, kad iš 100 bandymų jis ir toliau maždaug 30 kartų liniuotę pagaus jai nukritus 18–20 cm (3 pav., mėlyna histograma), o nukritus 12–14 cm – tik maždaug 5 kartus. Taigi, iš histogramos galima numatyti, kokia tikimybė, kad esant toms pačioms eksperimento sąlygoms liniuotė nukris tam tikrą atstumą.

Turėdami eksperimento duomenis galime apskaičiuoti jų vidurkį – sudedame duomenų vertes ir padaliname iš matavimų skaičiaus: $h_{\text{vid}}=(h_1+h_2+...+h_N)/N$. Įsidėmėkite: duomenų vidurkis nėra tikroji tiriamojo dydžio vertė. Tačiau kuo daugiau bandymų atliksime, tuo vidurkis bus artimesnis tikrajai h vertei. Vidurkis – dažniausiai naudojamas matavimo duomenų įvertis, tačiau jo skaitinė vertė gali skirtis nuo tikrosios, apibūdinančios tiriamą reiškinį, dėl „nušokusių“ taškų, kurie nesiderina su dauguma duomenų sekos verčių (5 pav.).

[2] Matuojamo dydžio vertė nenuspėjamu būdu (atsitiktinai) kinta daug kartų matuojant.



5 pav. Parametro *x* matavimo duomenų skirstinys leidžia mums pasakyti, kokios vertės pasikartoja dažniausiai, o kokios – rečiau. Skirstinys nebūtinai turi būti simetriškas ir turėti tik vieną maksimumą. Simetriško skirstinio modos, medianos ir vidurkio vertės sutampa.

Patikimesni įverčiai yra mediana – didėjančia tvarka išrikiuotų matavimo duomenų vidurinioji vertė, arba moda – vidutiniškai dažniausiai pasikartojanti vertė (suglotnintos histogramos maksimumo vertė).

Kaip galėtume nusakyti matavimo duomenų sklaidą? Pateikti tik mažiausią ir didžiausią matavimo duomenų vertę akivaizdžiai neužtenka. Reikia nurodyti skaičių, apibūdinantį intervalą, kuriame susitelkusi didžioji matavimo duomenų dalis. Tai **standartinis nuokrypis**. Jį naudosime atsitiktinei matavimo paklaidai įvertinti:

$$\sigma_{\text{atsitiktinė}}=\sqrt{((h_1-h_{\text{vid}})^2+(h_2-h_{\text{vid}})^2+\ldots+(h_N-h_{\text{vid}})^2)/(N-1)}$$

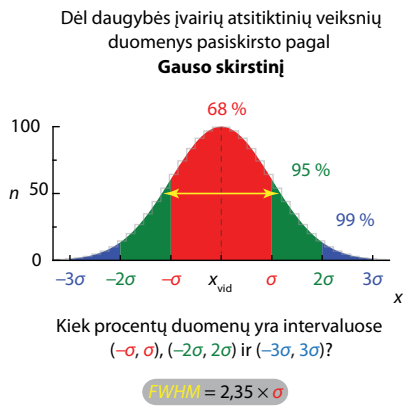
Taigi, šimto bandymų rezultatus galime pateikti taip: vidurkis – 18,6 cm, mediana – 18,5 cm, moda ~18,5 cm, o standartinis nuokrypis – 3 cm (3 pav.). Pirmieji trys dydžiai beveik sutampa (skirtumas tik 0,1 cm – mažiau už standartinį nuokrypį) ir tai rodo, kad duomenys yra pasiskirstę simetriškai (5 pav.). Standartinis nuokrypis yra tikrosios duomenų sklaidos (atsitiktinės matavimų paklaidos) įvertis. Vadinasi, kuo daugiau bandymų atliksime, tuo tiksliau galėsime nustatyti ir atsitiktinę matavimo paklaidą.

Pasirodo, kad pasirinkome tinkamą matavimo metodą – 0,5 cm sistemingoji matavimo paklaida yra bent šešis kartus mažesnė už standartinį nuokrypį. Norint apskaičiuoti **suminę matavimo paklaidą**, reikia sudėti atsitiktinę ir sistemingąją matavimo paklaidas:

$$\sigma=\sqrt{(\sigma^2_{\text{atsitiktinė}}+\sigma^2_{\text{sistemingoji}})}=\sqrt{(3{,}0^2+0{,}5^2)}=3{,}05\text{ cm}$$

Apskaičiavę suminę matavimo paklaidą nusprendžiame, kiek reikšminių ženklų naudosime užrašydami, pavyzdžiui, matavimų duomenų vidurkį. Skaitmenys, kurių vertė dešimt kartų mažesnė už suminės paklaidos dydį, neturi prasmės, todėl šiuo atveju naudojant maksimalų prasmingą reikšminių ženklų skaičių užrašytume h_{vid} = 18,5 ± 3,1 cm.

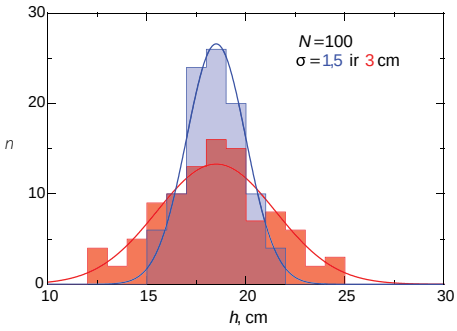
Kai nėra „nušokančių“ taškų ir matavimo duomenys yra pasiskirstę simetriškai, jie dažniausiai atitinka Gauso (Gauss), arba normalųjį, skirstinį, kuris nusakomas dviem parametrais – vidurkiu ir standartiniu nuokrypiu (6 pav.).



6 pav. Matavimų rezultatus, kai vyrauja atsitiktinė paklaida, galima aprašyti Gauso skirstiniu.

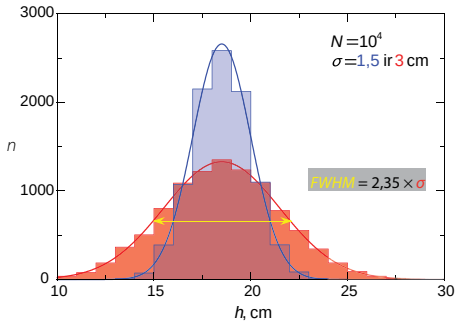
Dabar galime grįžti prie reakcijos laiko tyrimo. Taigi, tiriamojo reakcijai apibūdinti užtenka nustatyti vidutinį atstumą, kurį nukrito liniuotė, ir jo standartinį nuokrypį.

Palyginkime, kaip atrodo jaunojo tyrėjo matavimų duomenys, kai standartinis nuokrypis 1,5 cm ir 3 cm (7 pav.). Tiriamasis negali padaryti, kad jo matavimų duomenų sklaida būtų mažesnė, todėl atsitiktinių skaičių generavimo programa[3] sumodeliuojame matavimo duomenis.



7 pav. Sumodeliuoti jaunojo tyrėjo 100 matavimų duomenys, kai σ = 1,5 cm (mėlyna histograma) ir 3 cm (raudona histograma), o h_{vid} = 18,5 cm. Spalvotos linijos vaizduoja Gauso funkcijas, pagal kurias, naudojant atsitiktinius skaičius, buvo sugeneruoti histogramomis pavaizduoti skirstiniai.

Kuo standartinis nuokrypis didesnis, tuo didesnė duomenų sklaida ir histogramos stulpeliai žemesni. Kodėl histogramos tiksliai neatitinka Gauso funkcijos kreivių? Akivaizdu, kad sumodeliuota mažai matavimų. Jei jų būtų šimtą kartų daugiau (10 000 bandymų su liniuote užtruktų maždaug 5 paras ☺, o sumodeliuoti kompiuteriu galima mažiau nei per sekundę), pastebėtume, kad histogramų stulpeliai daug geriau sutampa su funkcijų kreivėmis (8 pav.).



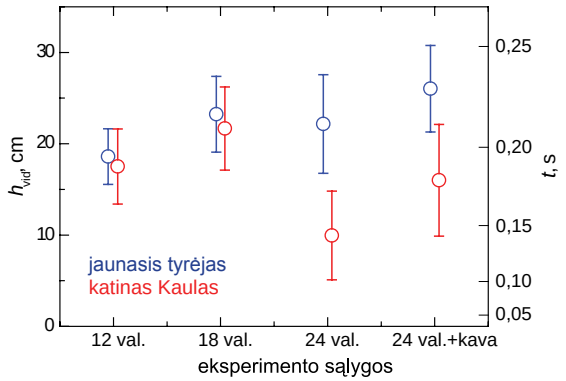
8 pav. Tas pats kaip ir 7 pav., tik sumodeliuota 10 000 matavimų. Rodyklė žymi raudonos histogramos plotį ties puse jos aukščio.

Kuo ypatingas standartinis nuokrypis? Jei suskaičiuotume, kiek matavimo duomenų patenka į abi puses nuo Gauso funkcijos maksimumo per vieną σ, tai gautume 68 %, per 2σ – 95 %, o per 3σ – 99 %. Matavimo duomenys atsitiktinai pasiskirsto apie tikrąją vertę (6 pav.), todėl galima pasakyti, kad tik 5 % išmatuotų verčių paprastai nuo vidurkio yra toliau nei per 2σ ir tik 1 % bus toliau nei per 3σ. Dažnai reikia tik apytikriai įvertinti σ, kai nėra visų duomenų, tik histograma. Tokiu atveju reikia išmatuoti histogramos plotį ties puse jos aukščio (angl. *Full Width at Half Maximum*, *FWHM*) $\sigma = FWHM/2{,}35$.

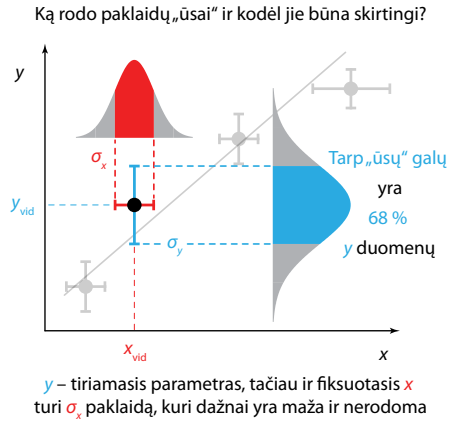
Paklaidų „ūsai“

Kai tik pavaizduosite duomenų paklaidų „ūsus“ (9 pav.), diagramos ar histogramos iškart pasidarys „moksliškesnės“ ☺. Paklaidų „ūsai“ rodo, kad darbo autoriai supranta savo rezultatų prasmę ir kitiems suteikia galimybę aiškiai suvokti, kas slypi jų išvadose, pvz., *mažai tikėtina* ar *labai tikėtina* hipotezė (10 pav.).

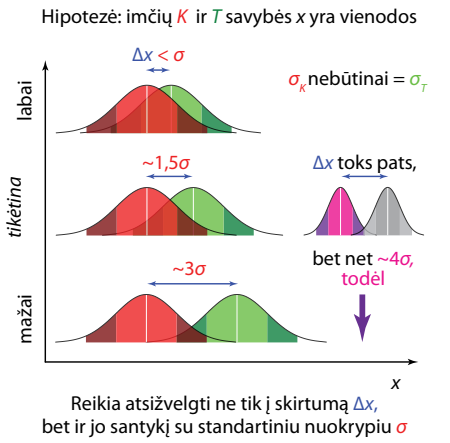
[3] Atsitiktinių skaičių generatorius www.random.org.



11 pav. Vidutinis atstumas, kurį nukrito liniuotė, kol ją pagavo jaunasis tyrėjas ir katinas (N = 100): dieną, vakare, naktį ir vėliau išgėrus kavos. Paklaidų „ūsai“ vaizduoja matavimo duomenų standartinį nuokrypį (σ); dešinėje skalė rodo reakcijos laiką.



9 pav. Žiūrėdami į paklaidų „ūsus“ diagramoje visuomet įsivaizduokite Gauso skirstinį – būtent jį „ūsai“ ir apibūdina. Taško padėtis diagramoje atitinka koordinačių vidutines vertes x_{vid}, y_{vid}, o σ_x, σ_y – jų matavimo paklaidas.



10 pav. Norint patikrinti, ar tiriamųjų objektų imtis skiriasi nuo kontrolinių objektų imties, reikia parametro skirtumą palyginti su standartiniu nuokrypiu.

Norėdami nustatyti, ar katino reakcijos laikas yra trumpesnis už jaunojo tyrėjo ir ar kava tą laiką sutrumpina, turime ne tik palyginti katino ir jaunojo tyrėjo vidutinį reakcijos laiką, bet ir atsižvelgti į matavimo duomenų sklaidą (11 pav.).

Akivaizdu, kad reakcijos laikas priklauso nuo paros meto. Kaip palyginti duomenis: jei jaunojo tyrėjo ir katino vidutinis liniuotės kritimo atstumas (h_{vid}) skiriasi daugiau nei 3σ – matavimų duomenys labai skiriasi. Palyginkime rezultatus 12 val. – vidutinis atstumas, kurį nukrito katino ir jaunojo tyrėjo gaudyta liniuotė, skiriasi tik ~1 cm, o matavimo duomenų standartinis nuokrypis yra net 3 kartus didesnis už šį skirtumą. Todėl galima teigti, kad jų reakcija 12 ir 18 valandą, atsižvelgiant į paklaidas, yra vienoda. Vidurnaktį jaunojo tyrėjo reakcija išliko panaši kaip dieną, o katino beveik 1,5 karto pagreitėjo; jų h_{vid} skiriasi ~2,5σ, todėl galima teigti, kad naktį katino reakcija yra greitesnė negu jaunojo tyrėjo. Kas nutinka išgėrus kavos? Ir katino, ir jaunojo tyrėjo reakcija išgėrus kavos sulėtėjo (~1σ). Atkreipkite dėmesį, kad per parą kinta ne tik vidutinis reakcijos laikas, bet ir duomenų sklaidą vaizduojantys paklaidų „ūsai“; naktį jie ilgesni.

Šimtui bandymų atlikti reikia beveik valandos, todėl galima pasižiūrėti, kaip kito katino ir jaunojo tyrėjo reakcija per tą valandą (12 pav.). Atliekant bandymus keitėsi abiejų reakcija, pavyzdžiui, katino reakcija iš pradžių greitėjo, o vėliau šiek tiek lėtėjo. Kodėl naktį atliktų matavimų duomenų sklaida didesnė nei dieną? Tikriausiai dėl nuovargio. Pavyzdžiui, katinas, matyt, užsnūdo 80-ojo bandymo metu, todėl atsirado „nušokęs“ taškas, kurį būtina pašalinti prieš pradedant statistinę analizę.

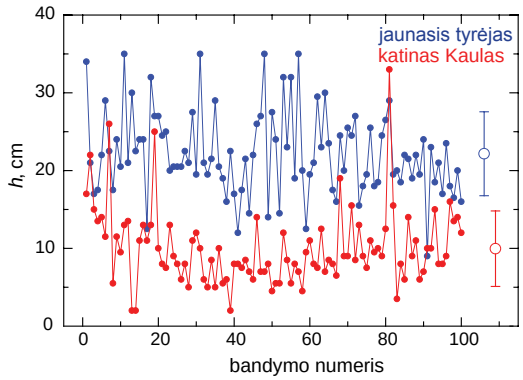
Bet kuriuo atveju visada reikia nusibraižyti diagramą, kur būtų pavaizduota visų matavimų duomenų priklausomybė nuo laiko ar matavimo eilės numerio (12 pav.), ir pažiūrėti, ar nebuvo kokių netikėtumų matuojant. Tik įsitikinus, kad visų matavimo duomenų sklaida gali būti paaiškinta atsitiktinėmis priežastimis, galima pradėti statistinę duomenų analizę.

Imties paklaidos

Jei skaičiuojate objektus, pavyzdžiui, zuikius miške, elementariąsias daleles greitintuve, bakterijų kolonijas Petri lėkštelėje ar žvaigždes galaktikoje, jums neduoda ramybės klausimai, ar nustatytas objektų skaičius atitinka tikrąjį, ar skiriasi kontrolinių ir tiriamųjų objektų savybės.

Tarkime, tiriame, ar papildomas maitinimas žiemą padeda zuikiams išgyventi. Suskaičiuosime zuikius šešiuose miškuose: trijuose juos maitinsime, o trys bus kontroliniai. Pavasarį nustatysime, ar zuikių skaičius priklauso nuo papildomo maitinimo žiemą. Nuspręskime, ar suskaičiuosime visus zuikius, ar pasirinksime atsitiktinę imtį? Atminkite, kad tyrimui būtina pasirinkti imtį, kuri atspindėtų visas tiriamųjų objektų savybes. Imties dydis priklauso nuo norimo duomenų tikslumo. Panagrinėkime, kodėl.

Tarkime, kad rudenį iš labai tyliai skraidančio radijo bangomis valdomo sraigtas-



12 pav. Katino ir jaunojo tyrėjo liniuotės gaudymo naktį rezultatai. Dešinėje du atskiri taškai su paklaidų „ūsais“ vaizduoja duomenų vidurkį ir standartinį nuokrypį.

Smalsiesiems

www.originlab.com
www.wolframalpha.com
www.gapminder.org/videos/the-joy-of-stats

parnio visuose miškuose fotografavome zuikius jų šiluminę spinduliuotę registruojančiu termovizoriumi. Buvo apžvelgtos vienodo ploto teritorijos, kuriose vidutiniškai suskaičiavome po 1000 zuikių. Atėjus pavasariui eksperimentą pakartojome (13 pav.).

Kiekviename miške suskaičiuotos zuikių imties N atsitiktinę paklaidą galime įvertinti remdamiesi Puasono (Poisson) skirstiniu, kuriam galioja $\sigma_{imties}=\sqrt{N}$. Jei N=1000, tai $\sigma_{imties}\approx 32$. Ją pavaizduojame simetriškais į abi puses vertikaliais juodais „ūsais“ ant kiekvieno histogramos stulpelio. Horizontalios mėlynos linijos vaizduoja zuikių skaičiaus vidurkį tiriamuose ir kontroliniuose miškuose. Nors laikome, kad zuikių gyvenimo sąlygos trijuose tiriamuose miškuose yra vienodos, jų skaičius pavasarį šiek tiek skiriasi. Šią atsitiktinę zuikių skaičiavimo paklaidą $\sigma_{atsitiktinė}\approx 25$ pavaizduojame violetiniais paklaidų „ūsais“. Zuikių suminė skaičiavimo paklaida $\sigma=\sqrt{\sigma^2_{imties}+\sigma^2_{atsitiktinė}}=\sqrt{(\sqrt{1000})^2+25^2}\approx 40$ pavaizduota mėlynais „ūsais“. Matome, kad papildomai maitinant zuikius iš 1000 vidutiniškai išgyvena ~950, o kontroliniuose miškuose ~820. Taigi, per žiemą zuikių papildomai nemaitinant, jų sumažėja ~130. Šis skaičius yra tris kartus didesnis už suminę skaičiavimo paklaidą, todėl galime drąsiai teigti, kad papildomai maitinant zuikius tikimybė, kad jie išgyvens, padidėja.

Kodėl net ir maitinami ne visi zuikiai išgyvena? Zuikiai gyvena apytiksliai 10 metų. Idealiomis sąlygomis (jei nėra plėšrūnų) per žiemą (6 mėn.) turėtų nebelikti maždaug 50 zuikių (0,5 m./10 m. × 1000). Būtent tai ir suskaičiavome pavasarį – liko ~950 zuikių.

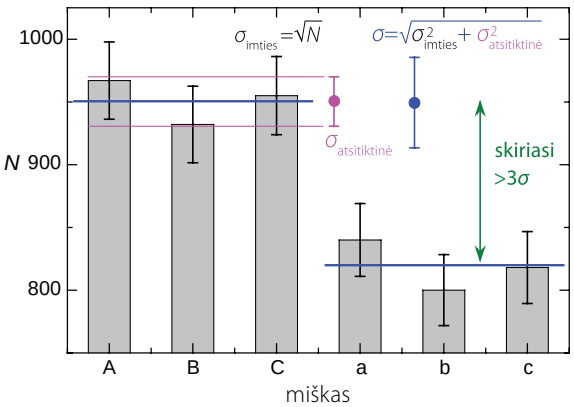
O kas būtų, jei būtume skaičiavę zuikius mažesnėse teritorijose, kur aptiktume tik po 100 zuikių (14 pav.)? Tada imties paklaida būtų $\sigma_{imties}=\sqrt{100}=10$. Ir nors miškuose, kuriuose zuikiai buvo maitinami, išgyventų ~95, o kontroliniuose ~82 zuikiai, patvirtini hipotezės nebūtų galima, nes vidutinis zuikių skaičius tiriamuosiuose ir kontroliniuose miškuose skirtųsi tik 1σ. Vadinasi, norint patikrinti hipotezę, 100 zuikių mums yra per mažai.

Apibendrinant: jei atsitiktinę imtį sudaro N objektų, imties paklaida yra $\sqrt{N}$. Tarkime, yra tik vienas objektas, vadinasi, imties paklaida (σ) yra 1, o santykinė paklaida σ/N × 100 % – net 100 %. Jei suskaičiavote 10 objektų, imties paklaida yra ~3, o santykinė paklaida ~30 %. Jei norite, kad santykinė paklaida būtų 1 %, turėsite suskaičiuoti net 10 000 objektų.

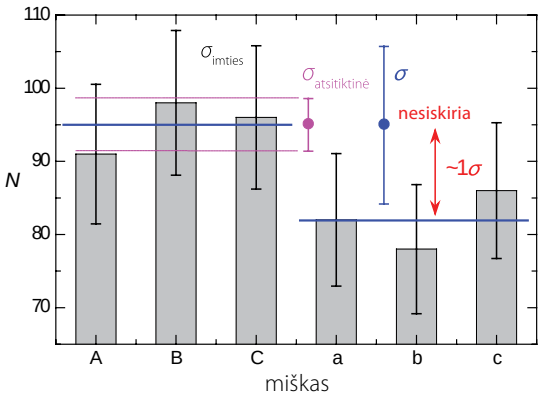
Hipotezės patikimumas

Hipotezės patikimumas įvertinamas tikimybe, kad hipotezė teisinga. Kuo tikimybė didesnė, tuo labiau tikėtina, kad hipotezė teisinga. Kaip įvertinama toji tikimybė? Pavyzdžiui, tiriama, ar pakis augalų augimo greitis, jei mes juos papildomai apšviesime tam tikros spalvos šviesa. Kontroliniai ir tiriamieji augalai bus auginami vienodomis sąlygomis, skirsis tik apšvietimas. Kiekvieną dieną matuosime augalų aukštį, apskaičiuosime vidutinį aukštį ir jo standartinį nuokrypį. Jei tiriamųjų augalų vidutinis aukštis bus didesnis už kontrolinių augalų daugiau nei 3σ, hipotezė bus patvirtinta. Prisiminkime Gauso skirstinį, kuris rodo, jog yra tik 0,5 % tikimybė, kad matuojamas dydis (tiriamųjų augalų aukštis) nuo tikimiausios vertės (kontrolinių augalų aukščio) gali skirtis daugiau kaip 3σ. Jei gausime mažesnį skirtumą, pavyzdžiui 2σ, tai tikimybė, kad tiriamieji augalai tik atsitiktinai tapo aukštesni, bus didesnė – 2,5 %. O jei skirtumas sieks tik 1σ, atsitiktinio rezultato tikimybė bus net 16 % – dar mažiau tikėtina, kad skirtumas realus. Vadinasi, hipotezę patikimai patvirtinti arba atmesti galima tik tada, kai matuojamas parametro pokytis daug didesnis už suminę paklaidą (10 pav.).

Svarbiausia: jei neturite galimybių pakartoti ne visai teisingai atlikto eksperimento ir suplanuoti jį teisingai arba pritrūko laiko išsamiai duomenų analizei, viską aprašykite sąžiningai – ką darėte, kaip darėte, ką gavote – tik niekad „negerinkite“ matavimo duomenų stengdamiesi, kad jie atitiktų čia išdėstytus analizės principus...



13 pav. Zuikių skaičius miškuose pavasarį (A, B, C – maitinami; a, b, c – kontroliniai, N = 1000). Juodi paklaidų „ūsai“ vaizduoja imties paklaidą $\sigma_{imties}=\sqrt{N}$, čia N – zuikių skaičius. Violetiniai paklaidų „ūsai“ rodo zuikių skaičiavimo trijuose miškuose atsitiktinę paklaidą $\sigma_{atsitiktinė}$, o mėlyni – zuikių suminę skaičiavimo paklaidą σ. Vidutinis zuikių skaičius tiriamuosiuose ir kontroliniuose miškuose (horizontalios mėlynos linijos) skiriasi daugiau kaip 3σ (žalia rodyklė). Apatinė duomenų vaizdavimo riba (nuo N = 750, o ne nuo N = 0) parinkta, kad geriau matytųsi imčių skirtumai.



14 pav. Sumažinus imtį padidėja imties paklaidos ir imties dydžio santykis (N = 100 zuikių).

Skaitmeninė nuotrauka – efektyvus įrankis moksliniam tyrimui

Audrius Bridžius

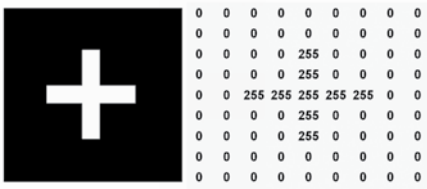
Vaizdas atstoja 1000 žodžių

Vaizdo svarba ir nauda žinoma nuo seno. Manoma, kad net iki 90 % informacijos žmogus gauna akimis. Sakoma: „geriau vieną kartą pamatyti, nei šimtą kartų išgirsti“ arba „viena nuotrauka atstoja šimtus puslapių teksto“. Juk ir archeologų atrasti dešimčių tūkstančių metų senumo piešiniai ant uolų sienų rodo, kad žmogus pirmiausia išmoko piešti, o tik po to rašyti.

XIX a. viduryje buvo sukurti pirmieji praktiškai pritaikomi fotografijos būdai. Išmokta fotoaparatu projektuojamą vaizdą fotografinėje emulsijoje užfiksuoti specialiomis cheminėmis medžiagomis. Tačiau tikra revoliucija įvyko XX a. pabaigoje, kai įprastą fotografiją pakeitė skaitmeninė.

Skaitmeninis vaizdas

Skaitmeninis vaizdas (nuotrauka) yra pagal tam tikras taisykles faile saugomas skaičių rinkinys. Dvimatį vaizdą sudaro eilutėmis ir stulpeliais išdėstomi skaičiai (1 pav.). Tokio vaizdo mažiausias elementas vadinamas pikseliu (angl. *pixel – picture element*).



0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	255	0	0	0	0
0	0	0	0	255	0	0	0	0
0	0	255	255	255	255	255	0	0
0	0	0	0	255	0	0	0	0
0	0	0	0	255	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

1 pav. Nuotrauka ir jos failo skaitmeninis turinys.

Nuotraukos pikseliuose yra saugoma informacija apie tai, kaip fotoaparato detektoriaus elementus fotografavimo metu paveikė šviesa – kuo daugiau fotonų pateko į elementą, tuo jį atitinkančio pikselio reikšmė yra didesnė. O jei fotonų nepateko ir nėra detektoriaus bei elektronikos triukšmų, pikselio reikšmė lygi 0. Didžiausia galima reikšmė priklausys ne tik nuo patekusių fotonų kiekio, bet ir nuo nuotraukos išsaugojimo formato (didžiausio galimo vaizdo elemente užkoduoti skaičiaus).

Skaitmeninių nuotraukų kodavimui naudojama dvejetainė skaičiavimo sistema, kurioje mažiausias galimas informacijos kiekis yra bitas. Vienu bitu galima užkoduoti tik dvi reikšmes: 0 (tamsu) arba 1 (šviesu), dviem – keturias, trimis – aštuonias ir t.t. Kuo daugiau bitų naudojama skaitmeninei nuotraukai koduoti, tuo daugiau skirtingų šviesumo reikšmių joje galima užrašyti. Naudojant n bitų, galima užkoduoti 2^n šviesumo lygių: išsaugant nuotraukas 8 bitų formatu, iš viso yra galimi 256 nuotraukos šviesumo lygiai, 12 bitų – 4096, 16 bitų – 65536 ir t.t. Moksliniams tyrimams patartina naudoti kuo didesniu bitų skaičiumi koduotus vaizdus – juose informacija apie užfiksuotus objektus yra tikslesnė ir išsamesnė.

Nuotraukos pikselio reikšmes kompiuteris naudoja juos atitinkančių ekrano taškų šviesumui sureguliuoti: kuo jos didesnės, tuo taškai šviesesni. Kai vaizdas spalvotas, jo pikselį sudaro trys skaičiai, atitinkantys raudonos, žalios ir mėlynos spalvos intensyvumą. Vadovaudamasis tais skaičiais kompiuteris tarsi dažytojas išgauna visus reikiamus atspalvius nurodytomis proporcijomis „sumaišydamas“ šias pagrindines tris spalvas.

Kuo daugiau pikselių sudaro vaizdą, tuo jis yra detalesnis (didesnė jo skyra). Bet didesniam vaizdui saugoti reikia ir daugiau vietos. Siekiant sumažinti vaizdo failo apimtį yra sugalvota įvairių jų glaudinimo algoritmų. Tačiau glaudinant vaizdo kokybė paprastai blogėja. Todėl moksliniam darbui skirtas nuotraukas reikėtų stengtis išsaugoti kuo mažiau glaudinančiu, o jei įmanoma, ir visai neglaudinančiu formatu (FITS, TIFF, BMP ir kt.).

Vaizdo analizei labai praverčia informacija apie tai: kada, kur, kokiu prietaisu, kokiomis sąlygomis, kokiame spektro ruože ir koks objektas buvo fotografuotas. Daugeliu atvejų labai svarbu žinoti, koks nuotraukos mastelis – be jo nebus įmanoma nuotraukose pavaizduotų objektų matavimo duomenų išreikšti įprastais ilgio vienetais. Paprastai tam tikslui kartu su tiriamuoju objektu nufotografuojamas ir žinomo dydžio objektas (pavyzdžiui, liniuotės fragmentas) arba mastelis nurodomas nuotraukos apraše.

Vaizdų analizės įrankiai

Kaip iš skaitmeninio vaizdo išgauti tiriamajam darbui reikalingus duomenis? Pradžiai reikia kompiuterio. Tiks praktiškai bet kuris šiuolaikinis, bet geriau pajėgesnis (skirtas grafiniams darbams arba žaidimams). Reikia ir programos, kuri galėtų ne tik atvaizduoti ir redaguoti vaizdus, bet ir turėtų vaizdų analizei skirtus įrankius. Viena iš pajėgesnių nemokamų vaizdų analizės programų – ImageJ. Ji yra atvirojo kodo ir veikia bet kurioje operacinėje sistemoje. Ši programa supranta daugelį vaizdo formatų, tarp jų ir specializuotus, naudojamus biologijoje, medicinoje, astronomijoje. Programa gali apdoroti vaizdų sekas, AVI formato filmus, RAW formato (tiesiai iš detektoriaus nuskaitytą informaciją) bei tekstinius vaizdus (pikselių vertės pateikiamos tekstiniu formatu, 1 pav.).

Programos ImageJ galimybes labai išplečia įvairūs papildiniai. Tai pagrindinės programos priedai, kuriuos, susidūrę su kokia nors konkrečia vaizdų analizės problema, sukuria patys programos vartotojai. Itin daug papildinių skirta mikrobiologijai. Galbūt todėl programos simbolis yra mikroskopas. Programa turi ir komandų sekų (makrokomandų) programavimo galimybę. Tai patogu, kai reikia atlikti dažnai pasikartojančius veiksmus.

Kai ImageJ pradeda veikti, atsidaro jos pagrindinis langas (2 pav.), kuriame išdėstyti meniu punktai ir kai kurių komandų piktogramų (įrankių) juosta. Pagrindinį meniu sudaro:

- ***File***: vaizdų atvėrimas, įrašymas, naujų sukūrimas;
- ***Edit***: vaizdų redagavimas, vaizdo srities išskyrimas, piešimo įrankiai, programos parametrų nustatymai;
- ***Image***: vaizdų ar jų sekų modifikavimas, vaizdo tipo pakeitimas, geometrinės transformacijos;
- ***Process***: vaizdų apdorojimas – taškinės operacijos, vaizdų aritmetika, filtravimas;

2 pav. Pagrindinis ImageJ meniu.

- ***Analyze***: įvairūs matavimai, rezultatų statistika, histogramos, profiliai ir kt.;
- ***Plugins***: įdiegtų papildinių bei makrokomandų sąrašas ir jų tvarkymo įrankiai;
- ***Window***: atidarytų langų tvarkymo įrankiai;
- ***Help***: pagalba ir informacija (internetu) apie programą ir jos papildinius.

Naujausią programos versiją, jos dokumentaciją (anglų k.) bei daugumą jai skirtų papildinių rasite adresu: http://rsbweb.nih.gov/ij.

Vaizdo analizė

Vaizdo analizę galima suskirstyti į tris pagrindinius etapus: atvaizdavimą, segmentavimą ir pasirinktų segmentų matavimą. Analizuojant vaizdus neretai prireikia atlikti įvairias vaizdo ar jo segmento geometrines ir aritmetines transformacijas.

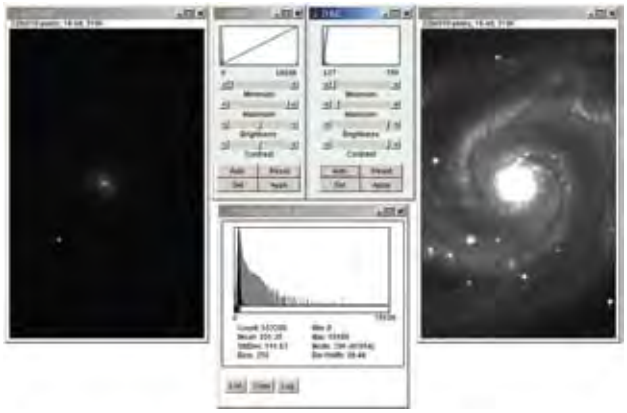
Analizuojant dažniausiai matuojamas vaizde užfiksuoto objekto dydis, jo forma ir spalvinės savybės. Jei objektų yra ne vienas, juos galima suskaičiuoti, jei jie skirtingi – suskirstyti į grupes pagal tam tikras charakteristikas (pvz., spalvą, dydį, formą). Tą patį objektą galima išmatuoti nuotraukose, darytose skirtingu laiku arba įvairiuose spektro ruožuose. Konkretus analizės pobūdis priklauso nuo paties vaizdo kokybės ir nuo to, ką norima išmatuoti. Matavimų duomenys paprastai nagrinėjami naudojant įvairias tam skirtas programas (pavyzdžiui, Origin, MS Excel).

Atvaizdavimas

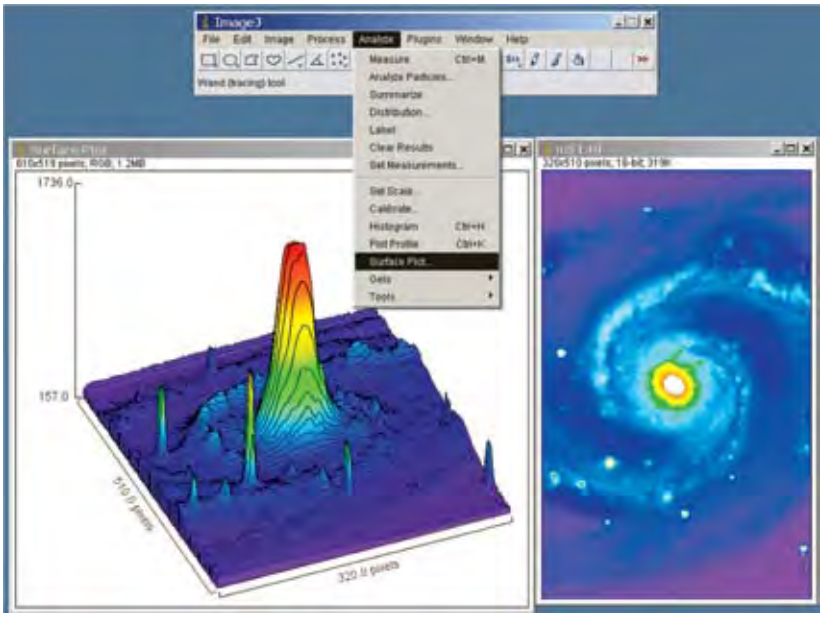
Bet koks vaizdas pradedamas analizuoti jį atvaizdavus kompiuterio ekrane. ImageJ programoje vaizdo failui atverti ir atvaizduoti naudojama meniu komanda *File: Open*. Kad vaizdo detalės geriau matytųsi, paprastai reikia pakoreguoti jo kontrastą ir šviesumą (*Image: Adjust: Brightness/Contrast*). Įkeldama vaizdą programa paprastai panaudoja visą jame užkoduotą šviesumo diapazoną – nuo mažiausios iki didžiausios reikšmės. Tačiau dėl to kartais ekrane matomas vaizdas yra arba per šviesus, arba per tamsus (3 pav.), nes programa atvaizdavimui naudoja 8 bitus ir iš viso vienu metu gali atvaizduoti tik 256 šviesumo lygius. Kiek kokių reikšmių pikselių sudaro vaizdą, galima įvertinti pagal jų skirstinio histogramą, kurią ImageJ atvaizduoja kartu su šviesumo ir kontrasto nustatymo įrankiu (patogesnę analizei histogramą gausite panaudoję meniu komandą *Analyze: Histogram*).

3 pav. matome labai tamsią galaktikos M51 nuotrauką (kairėje), nes programa atvaizduoja visą 16 bitų užkoduotą vaizdo pikselių reikšmių diapazoną (nuo 0 iki 65535) panaudodama 256 atvaizdavimo lygius. Nuotraukos histogramoje matyti, kad dauguma reikšmių yra mažos (histogramos maksimumas yra jos pradžioje), o didelių reikšmių yra nedaug (atsitiktinė didžiausia reikšmė tik viena). Tinkamai sureguliavus atvaizduojamų reikšmių intervalą galima pamatyti kur kas daugiau vaizdo detalių (3 pav. dešinėje).

Kartais vienspalviai (toniniai) vaizdai, paversti spalvotais, tampa informatyvesni (4 pav.). ImageJ spalvų paletė keičiama meniu komanda *Image: Lookup Tables*. Nors taip nuspalvintas vaizdas ir neatspindi tikrosios spalvinės objekto informacijos, bet jį patogiau analizuoti, nes žmogaus akis lengviau atskiria skirtingas spalvas, negu vienos spalvos pustonius. Kitas patogus vaizdo pateikimo būdas – jo atvaizdavimas trimatėje erdvėje (meniu komanda *Analyze: Surface Plot*), kurioje trečiasis matmuo – pikselių reikšmės (4 pav., kairėje). 3D atvaizdavimui patartina įdiegti papildinį „Interactive 3D Surface Plot“ (http://rsbweb.nih.gov/ij/plugins/surface-plot-3d.html) – jis įgalina gautą vaizdą interaktyviai sukioti, keisti jo mastelį, spalvų paletę ir tekstūrą.



3 pav. Galaktikos M51 nuotrauka neatrodo informatyvi, jei automatiškai atvaizduojamas visas pikselių reikšmių intervalas (kairėje); vaizdas yra daug informatyvesnis tinkamai parinkus atvaizdavimo ribas (šviesumą ir kontrastą) pagal pikselių reikšmių skirstinį (histograma apačioje gauta panaudojus meniu komandą *Analyze: Histogram* – reikšmės logaritminėje skalėje pažymėtos pilkai).



4 pav. Toninis vaizdas, transformuotas naudojant spalvų paletę: kairėje – 3D, dešinėje – 2D atvaizdavimas.

Kai kurios ImageJ operacijos vykdomos tik su toniniais 8 bitų vaizdais. Jei originalus vaizdas yra spalvotas arba užkoduotas didesniu bitų skaičiumi, jo tipą galima pakeisti naudojant meniu komandą *Image: Type*. Tam tikrais atvejais naudinga spalvotą vaizdą išskaidyti į tris pagrindines spalvas (raudoną, žalią, mėlyną) atitinkančius toninius vaizdus (5 pav.). Tam skirta meniu komanda *Image: Color: Split Channels*. Jei reikia, kad vaizdas vizualiai liktų spalvotas, bet matuoti ir transformuoti būtų galima tik vienos kurios nors pagrindinės spalvos vaizdą, naudojama meniu komanda *Image: Color: Make Composite*.

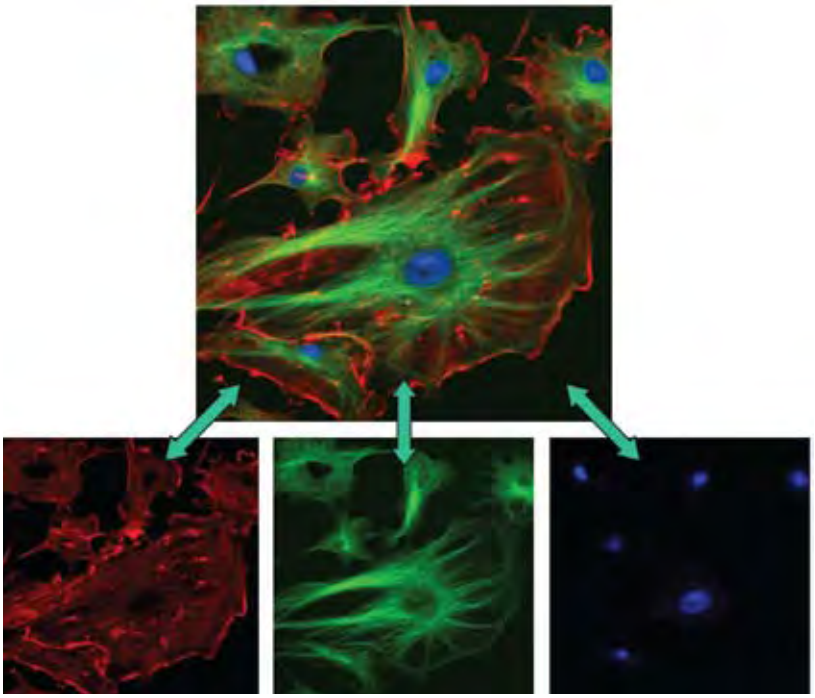
Segmentavimas

Norėdami išmatuoti objektus skaitmeniniuose vaizduose, turime juos identifikuoti. Kitaip tariant, suskirstyti vaizdą į prasmingas, logiškai susijusias dalis. Žmogui užtenka tik užmesti akį į vaizdą, kad atpažintų, kur jame yra žmogus, kur gėlė, o kur kitas koks daiktas. O kompiuteriui nuotrauka – tik skaičių virtinė. Visi pikseliai jam lygiaverčiai: ar tai būtų tiriamojo objekto dalis, ar jo fonas. Speciali vaizdo apdorojimo metodika arba tam tikros taisyklės, naudojamos darant nuotrauką, kartais leidžia juos atskirti automatiškai. Tačiau paprastai vaizdą segmentuoja žmogus.

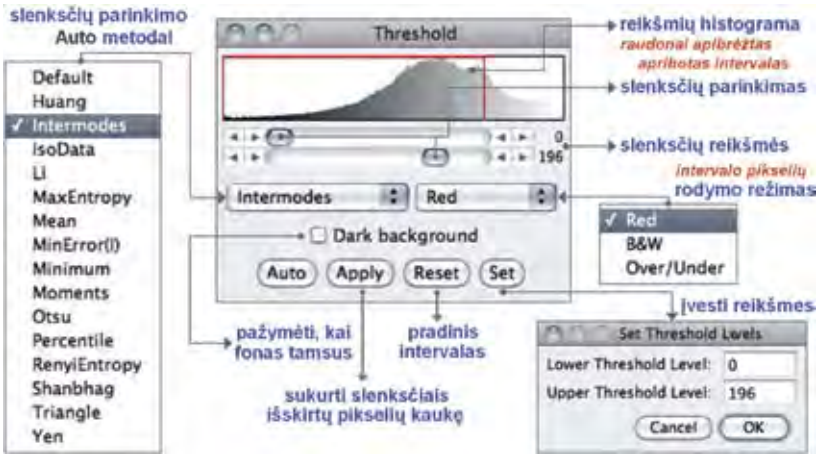
Vienas segmentavimo būdų – interaktyviai pažymėti nuotraukoje esantį objektą išskiriant logiškai susietų pikselių sritį tam skirtais įrankiais: uždaru kontūru, linija arba tašku (2 pav.). Tačiau kai tiriamų objektų vaizde daug arba jų forma sudėtinga, sugaištume daug laiko kiekvieną žymėdami rankiniu būdu. Tokiais atvejais dažnai taikomas pikselių reikšmių intervalo (slenksčių) parinkimo metodas (angl. *thresholding*). Iš pradžių interaktyviai arba panaudojant kokį nors automatinį metodą parenkamas toks pikselių reikšmių intervalas, į kurį patenka tik objektus sudarantys pikseliai. Tada išskirtieji pikseliai analizuojami – surandamos susijusios jų grupės, kurios toliau laikomos identifikuotais atskirais objektais. Šis segmentavimo metodas yra tuo efektyvesnis, kuo aiškiau objektai išsiskiria iš fono ir kuo pats fonas yra tolygesnis.

ImageJ slenksčių parinkties įrankį (6 pav.) valdo meniu komanda *Image: Adjust: Threshold* (arba klavišais <Shift>+<T>). Slenksčių reikšmes patogiausia nustatyti specialiais slankikliais, tačiau galima pasinaudoti ir vienu iš automatinio parinkimo metodų arba įvesti slenksčių reikšmes.

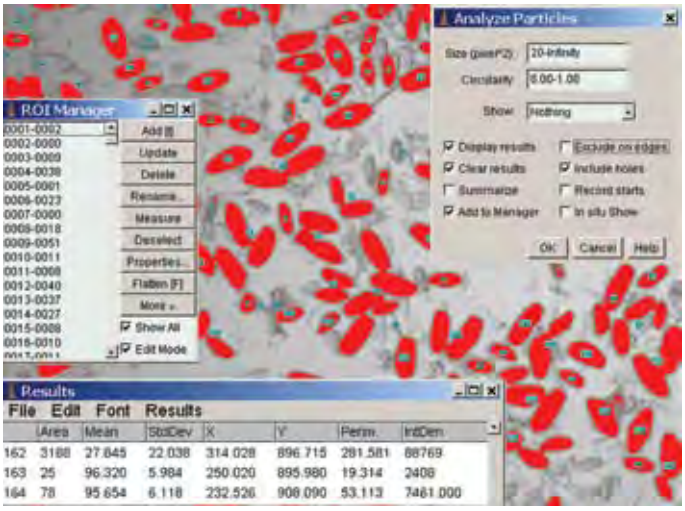
Į slenksčiais apribotą reikšmių intervalą patenkantys vaizdo pikseliai (7 pav.) nuspalvinami raudonai (rodymo režimas



5 pav. Spalvoto vaizdo išskaidymas į tris atskirus pagrindinių spalvų vaizdus.



6 pav. Slenksčių parinkties langas. Viršuje – vaizdo arba jame išskirtos srities pikselių reikšmių pasiskirstymo histograma (raudona linija žymi slenksčiais apribotą reikšmių intervalą), po ja – slenksčių parinkties slankikliai; apačioje dešinėje – langas slenksčių reikšmėms įvesti, kairėje – slenksčių parinkimo metodų sąrašas (pasirinktasis suaktyvinamas klavišu *Auto*).



7 pav. | slenksčiais išskirtą intervalą patekę pikseliai vaizde nuspalvinti raudonai. Naudojant meniu komandą *Analyze: Analyze particles* identifikuojamos tarpusavyje susijusios raudonų pikselių grupelės ir jos išmatuojamos kaip atskiri objektai.

Red) arba juodai (režimas *B&W*), o likusieji – baltai. Pasirinkus režimą *Over/Under* spalvinami tik fono pikseliai: mėlynai mažesnių, o žaliai didesnių reikšmių už pasirinkto intervalo reikšmes.

Komanda „taikyti“ (klavišas *Apply*) analizuojamą vaizdą paverčia negatyvine juoda-balta (dviejų lygių) kauke, kurioje pasirinkto intervalo reikšmių pikseliai atvaizduojami juodai, o likusieji – baltai. Prieš naudojant šią komandą pravartu pasidaryti analizuojamos nuotraukos kopiją (*Image: Duplicate*).

Toks paprastas vaizdo padalijimo į objektus ir foną metodas tinka, kai objektai vaizde atskiri. Tais atvejais, kai yra susiglaudusių ar vienas ant kito besiprojektuojančių objektų, naudojami sudėtingesni jų atskyrimo algoritmai. Dviejų lygių vaizdui galima taikyti *Process: Binary: Watershed* filtrą, kuris automatiškai atskiria tokius objektus. Juos galima atskirti ir interaktyviai – naudojant ImageJ piešimo priemones bei vaizdo srities žymėjimo kontūrus (2 pav.) ir meniu komandą *Edit: Draw*. Šiuo atveju piešimui reikia naudoti fono spalvą – ją parenkame meniu komanda *Edit: Options: Colors*. Piešimo spalvą galima „paimti“ ir tiesiai nuo vaizdo spalvos pipetės įrankiu (2 pav., 12 pav.).

Matavimai

Išskirtas vaizdo segmentas matuojamas vykdant meniu komandą *Analyze: Measure* (klavišas <M>). Kas būtent turi būti išmatuota (plotas, perimetras, padėtis vaizde ar kt.), parenkama meniu komanda *Analyze: Set Measurements* (varnele pažymint reikiamų parametrų langelius). Jei segmentavimui naudojamas slenksčių parinkimo metodas, būtina pažymėti langelį *Limit to threshold*. Matavimo rezultatai išvedami atskirame tekstiniame *Results* lange.

Kai vaizde yra daug objektų (pavyzdžiui, bakterijų kolonijų), matuojama naudojant meniu komandą *Analyze: Analyze particles*. Prieš tai objektų pikselius reikia atskirti nuo fono slenksčių parinkimo metodu. Taip surandamos tarpusavyje susijusios pikselių grupelės ir jos išmatuojamos kaip atskiri objektai. Meniu komandos *Analyze: Analyze particles* parametruose (7 pav.) nurodomi matuojamų objektų atrankos kriterijai: dydžio (*Size*) ir apvalumo (*Circularity*) ribos bei skylėtų (*Include holes*) arba besiribojančių su vaizdo kraštu (*Exclude on edges*) objektų tinkamumas. *Show* langelyje nurodoma, ar sukurti (ir kokią) surastų objektų kaukę (apvedant kontūru, nuspalvinant ir kt.). Jei pažymėtas *In situ Show*, kaukė bus uždėta ant vaizdo, kitu atveju – sukurta atskirame lange. Rezultatų išvedimas valdomas pažymint reikiamus langelius: *Display results* (rodyti), *Clear results* (išvalyti ankstesnius), *Summarize* apibendrinti), *Record starts* (išvesti objekto pradžios koordinates). Jei pažymėtas *Add to Manager* – objektų kontūrų numeriai bus įrašyti prie dominančių vaizdo segmentų sąrašo (*ROI Manager*), kurį galima redaguoti ir išsaugoti.

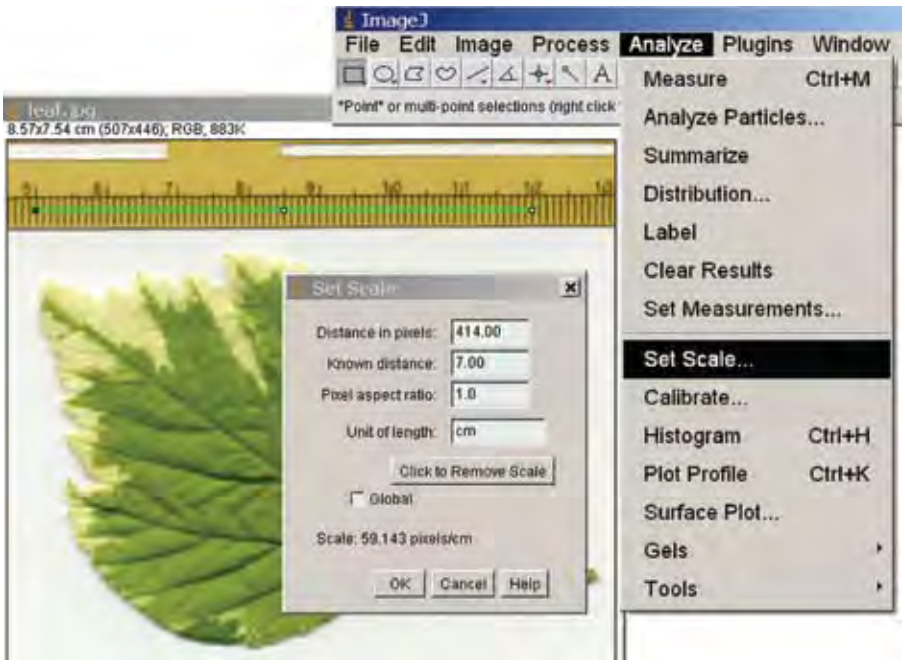
Norint, kad matavimų rezultatai būtų pateikiami ne pikseliais, o ilgio vienetais, vaizdą reikia sukalibruoti (dar prieš pradedant matuoti), t. y. nustatyti pikselio ir ilgio vieneto santykį. Pirmiausia vaizde išmatuojamas žinomo objekto ilgis pikseliais: linijos įrankiu per jį nubrėžiama linija (brėžiant ilgesnę liniją rezultatas paprastai būna tikslesnis). Tada naudojant meniu komandą *Analyze: Set Scale* įvedamas žinomas atstumas (*Known distance*) ir jo matavimo vienetai (*Unit of length*), pavyzdžiui, centimetrai (8 pav.). Atstumą (nubrėžtos linijos ilgį) pikseliais į langelį *Distance in pixels* programa įrašo automatiškai.

Didžiausią galimą matavimų tikslumą lemia vaizdo skyra. Mažiausias vaizdo elementas yra pikselis, todėl didžiausias matavimų tikslumas gali siekti 0,5 pikselio. Kaip tik todėl matavimai didesnės skyros vaizduose yra tikslesni už analogiškus matavimus mažesnės skyros vaizduose.

Vaizdų transformacijos

Skaitmeniniai vaizdai sudaryti iš skaičių, todėl su jais galima atlikti įvairias matematines operacijas – sudėti, atimti, dauginti, dalyti, filtruoti skaitmeniniais metodais ir kita. Tokių operacijų komandos nurodytos meniu elementų grupėje *Process*. Kai matematinis veiksmas atliekamas su dviem vaizdais, naudojama meniu komanda *Process: Image Calculator*. Pavyzdžiui, fotografuojant kokį nors objektą kartu užfiksuojamas ir jo fonas. Kai kuriais atvejais jį pageidautina pašalinti. Tam tikslui padaroma nuotrauka be objekto, kuri paskui atimama iš nuotraukos su objektu. Jei detektoriaus elementai yra nevienodo jautrio, daroma tolygiai apšviesto fono nuotrauka ir iš jos (prieš tai ją padalijus iš vidutinės jos pikselių reikšmės) padalijama objekto nuotrauka. Tokia operacija itin aktuali, kai reikia kuo tiksliau palyginti nuotraukoje užfiksuotų objektų šviesumą, pavyzdžiui, žvaigždžių spindesį.

Atliekant matematines operacijas su 8 bitų vaizdais, galima prarasti dalį informacijos, nes 8 bitai leidžia užkoduoti tik sveikuosius skaičius nuo 0 iki 255, o rezultatas gali būti trupmeninis arba už šio intervalo ribų. Todėl atlikti matematinius veiksmus su vaizdais ir išsaugoti jų rezultatus patartina naudojant 32 bitų kodavimą (*Image Type: 32-bit*).



8 pav. Atstumų skalės vaizde kalibravimas.

Skaitmeninio filtravimo operacija dažnai naudojama įvairiems vaizdų triukšmams pašalinti. Skaitmeninio fotoaparato užfiksuotame vaizde visada yra ir elektroninis triukšmas, kuris matomas kaip atsitiktinės „dulkelės“ (9 pav., a). Tokių „dulkelių“ tuo daugiau, kuo aukštesnė aplinkos temperatūra, ilgesnė ekspozicija ir kuo didesnis detektoriaus jautris (ISO). Tokį triukšmą geriausiai pašalina (9 pav., c) medianos filtras. Galima valyti ir vidurkio ar sudėtingesniu – glotninimo filtru (kai vidurkis apskaičiuojamas naudojant netiesinę, pavyzdžiui, Gauso funkciją), bet tai atlikus gerokai sumažėja vaizdo ryškumas (9 pav., b). Tačiau kai kuriais atvejais tai daroma specialiai, pavyzdžiui, kai reikia pašalinti fono netolygumus, o fono nuotraukos nėra. Naudojant didelių matmenų glotninimo filtrą iš vaizdo pagaminamas dirbtinis fonas – vaizdas, kurį atėmus iš originalo sumažinami fono netolygumai (10 pav.). Tokia operacija atliekama meniu komanda *Process: Subtract Background*. Tinkamiausias glotninimo filtro dydis parenkamas eksperimentiškai (naudojant išankstinės peržiūros režimą).

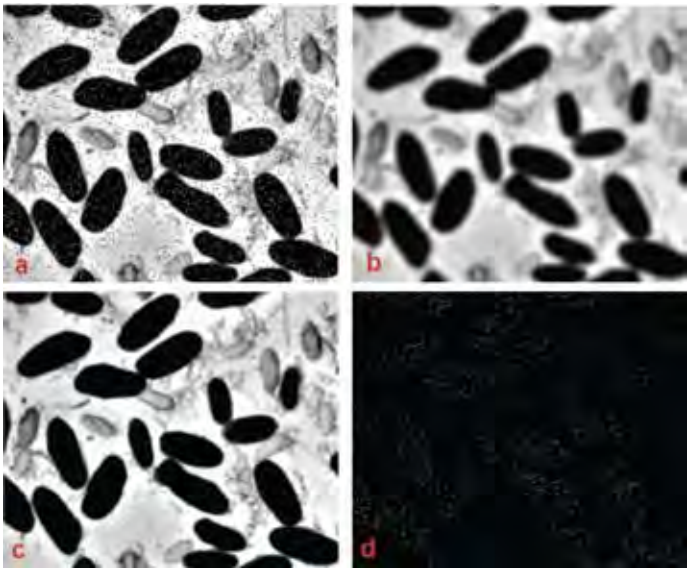
Ruošiant vaizdą segmentavimui ir matavimui dažnai reikia pašalinti nereikalingas jo dalis. Srities išskyrimo įrankiu (pavyzdžiui, stačiakampiu) pažymėjus reikalingą vaizdo dalį, likusią galima nukirpti meniu komanda *Image: Crop*. Įvykdžius šią komandą vaizdo matmenys sumažėja. Jei vaizdo matmenų nenorime keisti, nereikalingas dalis galima tiesiog išvalyti (užlieti fono spalva) naudojant *Edit: Clear Outside* (valoma išskirtos srities išorėje) arba *Edit: Clear* (valoma srities viduje). Naudojant komandą *Edit: Fill* išskirtą vaizdo dalį galima užlieti piešimui skirta spalva. Kai vaizdą ar jo dalį reikia kokiu nors kampu pasukti, naudojamos meniu grupės *Image: Transform* komandos.

Aprašytus vaizdų analizės metodus iliustruosime bakterijų kolonijų ir medžio rievių nuotraukų nagrinėjimo pavyzdžiais.

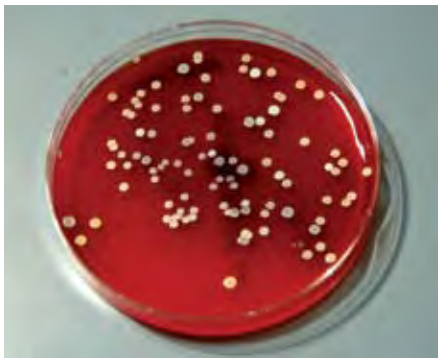
Bakterijų kolonijų nuotraukos analizė

Įvairaus pobūdžio eksperimentams bakterijų kultūros auginamos Petri lėkštelėse (11 pav.). Augančių bakterijų kolonijų kitimą galima tyrinėti analizuojant nufotografuotus jų vaizdus. Fotografuojant svarbu parinkti tokį apšvietimą, kad fonas būtų tolygus (be atspindžių) ir kontrastingas. Reikia fotografuoti statmenai lėkštelės paviršiui, nes nufotografavus kitu kampu dėl perspektyvos toliau ir arčiau esančių kolonijų dydžius bus sunkiau palyginti. Fotografuojant pravartu užfiksuoti aplinkos sąlygas: temperatūrą, slėgį, apšvietą ir pan. Fotografavimo laikas paprastai automatiškai fiksuojamas nuotraukos faile – jį galima pamatyti vaizdo atkūrimo programa.

Tarkime, turime Petri lėkštelių su bakterijų kolonijomis nuotraukų seriją ir mūsų užduotis nustatyti, kaip sparčiai bakterijų kultūra augo bėgant laikui. Tam tikslui reikės suskaičiuoti kiekvienoje nuotraukoje matomas kolonijas ir išmatuoti jų užimamą plotą.

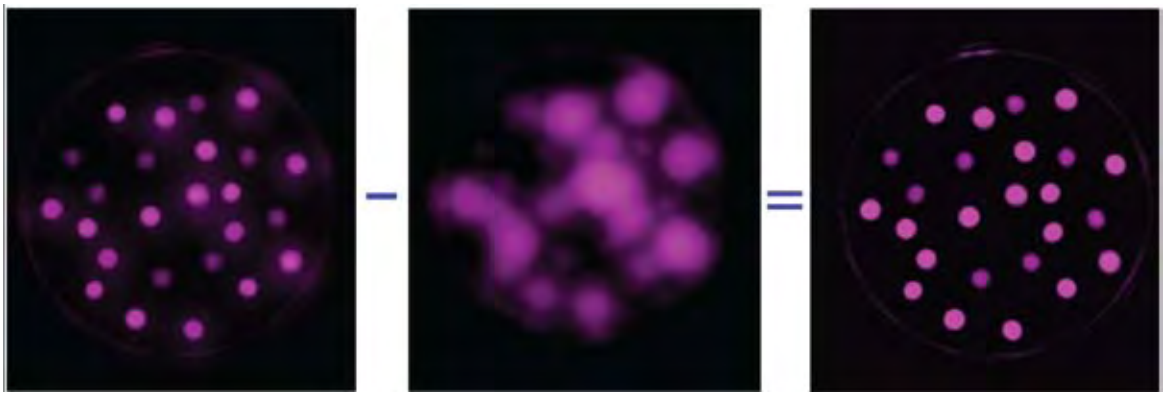


9 pav.: a) vaizdo fragmentas su triukšmu, b) tas pats vaizdas apdorojus vidurkio (5×5) filtru, c) medianos (3×3) filtru; d) vaizdų a ir c skirtumas.



Bill Branson nuotrauka, The National Institutes of Health

11 pav. Žmogaus odos bakterijų kultūra, auganti Petri lėkštelėje agaro terpėje.



10 pav. Netolygaus fono pašalinimas iš vaizdo. Iš kairės į dešinę: originalus vaizdas; dirbtinio fono vaizdas, sukurtas naudojant glotninimo filtrą; vaizdas, atėmus „foną“.

Vaizdą segmentuosime slenksčių parinkimo metodu (*Image: Adjust: Threshold*), o matuosime naudodami meniu komandą *Analyze: Analyze particles*. Toks analizės būdas efektyvus tais atvejais, kai objektai aiškiai išsiskiria iš fono, o pats fonas yra tolygus. Analizuojamoje nuotraukoje (11 pav.) matyti, kad kelios kolonijos vaizde yra per blyškios, todėl jų spalvą pakoreguojame naudodami spalvų pipetę, dažų kibirėlį ir ovalų kontūrą (12 pav.). Petri lėkštelės kraštai ir aplinka nuo raudono fono skiriasi savo šviesumu ir spalva, todėl juos iš vaizdo reikia pašalinti. Elipsės pavidalo kontūru apibrėžiame centrinę vaizdo dalį, kurioje susitelkusios bakterijų kolonijos, tada kontūrą patiksliname įrankiu *Selection Brush Tool* (12 pav.). Priderinę kontūrą, likusią vaizdo dalį išvalome (*Edit: Clear Outside*; 13 pav., a), o centrinėje vaizdo dalyje esantį pastebimai tamsesnį nei pakraščiuose foną išlyginame naudodami meniu komandą *Process: Subtract Background*.

Kiekvienos bakterijų kolonijos kairiajame šone matyti šviesesnė dėmelė. Šios dėmelės atsirado dėl atspindžių fotografuojant. Nedideliems tokio pobūdžio defektams koreguoti (staigiems pikselių reikšmių pokyčiams sumažinti) tinka medianos filtras (*Process: Filter: Median*). Vaizdą paryškinti galime kitu filtru *Process: Filter: Unsharp Mask*.

Nuotrauką paverčiame vienspalviu toniniu vaizdu (*Image: Type: 8-bit*), o išvalytą išorinę vaizdo dalį užliejame bakterijų fono spalva. Taip paruoštam vaizdui parenkame tokį apatinį atvaizdavimo slenkstį, kad aukščiau jo patektų visos bakterijų kolonijos, bet nepatektų fonas (13 pav., b). Sukuriame dviejų lygių bakterijų kolonijų atvaizdo kaukę (klavišas *Apply*, 7 pav.), o likusias kolonijoms nepriklausančias vaizdo detales išvalome interaktyviai.

Matavimų parinkties nuostatose (*Analyze: Set Measurements*) pažymime, kad matuosime objektų plotą (*Area*). Tada bakterijų kolonijų kaukėje atliekame matavimus (*Analyze: Analyze Particles*). Komandos parametrų langeliuose (7 pav.) pažymime varneles prie *Display results*, *Clear results*, *Summarize* ir *Add to Manager*. Objektų dydžio (*Size*) ir apvalumo (*Circularity*) ribas paliekame maksimalias (0–*Infinity* ir 0–1). Kai kurie objektai turi „skylučių“ (juose pasitaikė pikselių su mažesnėmis nei slenksčio reikšmėmis), todėl pažymime varnelę ir prie *Include holes*. Spaudžiame mygtuką *OK* ir gauname preliminarius matavimų rezultatus (13 pav., c). Kai kurios susiliečiančios bakterijų kolonijos buvo palaikytos ir išmatuotos kaip vienas didelis objektas. Jas atskiriame naudodami meniu komandą *Process: Binary: Watershed* (sudėtingesniais atvejais reikia naudoti piešimo ir valymo įrankius). Matavimus pakartojame ir išsaugome faile.

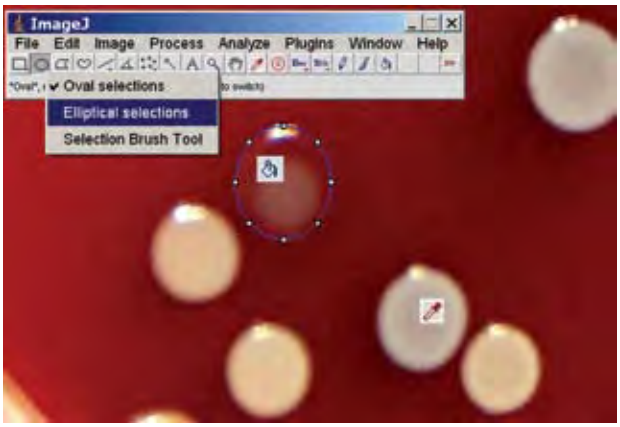
Analogišką procedūrą atlikę su visomis nuotraukomis, apibendrintus matavimų rezultatus (kolonijų skaičių, bendrą užimamą plotą, fotografavimo laiką) surašome į tris stulpelius ir išsaugome tekstiniame faile. Toliau gauti duomenys analizuojami MS Excel programa. Bakterijų augimo spartą galima įvertinti grafiškai atvaizdavus kolonijų skaičiaus (arba užimamo ploto) kitimą per laiką.

Medžio rievių nuotraukos analizė

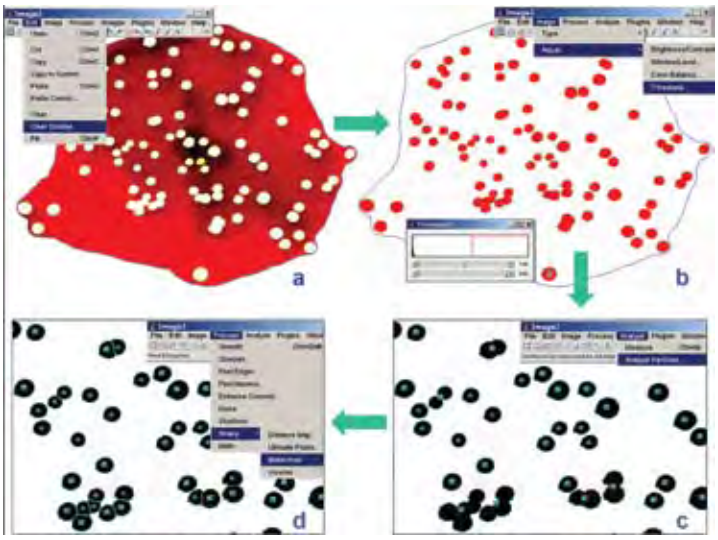
Medžio rievės yra dviejų tipų: plonesnės tamsios ir platesnės šviesios (14 pav.). Tamsios susidaro medžiui augant šaltuoju metų laiku, o šviesios – šiltuoju. Jei metai augimui palankūs, metinės rievės būna platesnės, jei ne – siauresnės. Lyginant medžio rievių plotį galima spręsti apie medžio augimo sąlygas (temperatūrą, drėgmę, apšvietą ir pan.), o iš jų kitimo sekos nustatyti, kada medis augo. Paprastai pietinėje kamieno pusėje rievės būna platesnės negu šiaurinėje. Tačiau pažeidimai, ligos, nepalankios aplinkos sąlygos (kalno šlaitas, šešėlis, gaisras ir pan.) gali smarkiai paveikti rievių augimo plotį.

Fotografuojant medžio rieves svarbu tinkamai paruošti medžio paviršių – rekomenduotina jį kruopščiai nuvalyti, o jei yra galimybė, ir nušlifuoti. Kuo geriau matoma rievių struktūra ir kuo mažiau defektų, tuo lengviau rieves analizuoti nuotraukoje. Norint nustatyti absoliučias rievių pločio reikšmes, fotografuojant prie medžio paviršiaus reikia pridėti liniuotę – pagal ją vėliau bus galima nustatyti vaizdo mastelį ir sukalibruoti matavimų rezultatus ilgio vienetais.

Rievių plotis randamas išmatavus vaizde atstumus tarp gretimų patamsėjimų, kurie atitinka vienos paskui kitą einančių me-



12 pav. Elipsės kontūru išskirta blyški bakterijų kolonija naudojant spalvų pipetę ir dažų kibirėlį bus užlieta kaimyninės kolonijos spalva.



13 pav. Bakterijų kolonijų vaizdo analizė: a) vingiuotu kontūru išskiriamas matavimams tinkamas vaizdo segmentas, o likusi dalis išvaloma (*Clear Outside*), b) slenksčių parinkimo metodu objektai atskiriami nuo fono, c) išmatuojami (*Analyze: Analyze Particles*), d) susiglaudę objektai atskiriami naudojant meniu komandą *Process: Binary: Watershed* bei piešimo ir valymo įrankius.

tinių rievių pradžią. Rievių matavimams geriau naudoti ne patį vaizdą, bet jo šviesumo pasiskirstymo profilį. Jis gaunamas reikalingoje vaizdo vietoje nubrėžus tiesią liniją (15 pav.) ir panaudojus meniu komandą *Analyze: Plot Profile*. Svarbu, kad linija būtų nubrėžta statmenai medžio rievėms – priešingu atveju nustatytas rievių plotis bus šiek tiek didesnis, negu yra iš tikrųjų. ImageJ atskirame lange gali išvesti ir skaitmenines profilio reikšmes: linijos taškų eilės numerius ir po jais esančių vaizdo pikselių reikšmes (šiuos duomenis galima išsaugoti faile tolesnei analizei).

Siekiant gauti aiškesnius rieves skiriančius profilio minimumus, prieš brėžiant profilį rekomenduotina padidinti vaizdo kontrastą (*Image: Adjust: Brightness/Contrast*). Vaizdą galima paryškinti ir naudojant filtrą (*Process: Filter: Unsharp Mask*), tačiau tai padidins ir gretimų pikselių reikšmių sklaidą.

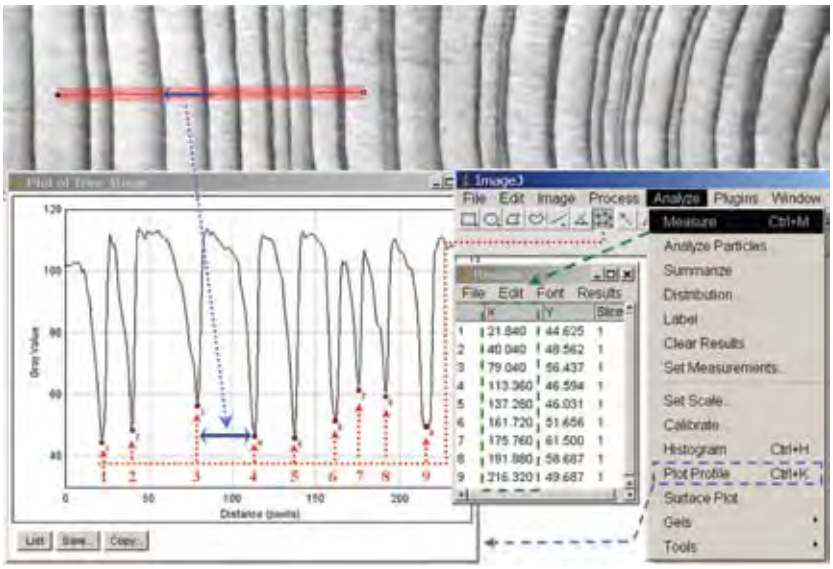
Pagrindinis išmatuoto rievių profilio analizės uždavinys – kuo tiksliau nustatyti atstumus tarp gretimų minimumų, kurie atitinka medžio rievių plotį (15 pav.). Tačiau rievių profilyje gali pasitaikyti ir netikrų minimumų, todėl būtina kruopščiai juos ištirti ir nustatyti, ar jie žymi medžio „naujų metų“ pradžią, ar yra tik atsitiktiniai defektai. Netikrų minimumų dažniausiai atsiranda, kai medžio paviršius yra nelygus. Pavyzdžiui, 14 pav. matyti pjovimo žymės, medienos tekstūra, įvairaus šviesumo dėmės dėl medžio pažeidimų ar nepakankamo jo paviršiaus nuvalymo. Visa tai apsunkina rievių ribų identifikavimą.

Siekdami sumažinti profilio triukšmus, galime padidinti profilio matavimo srities plotį (*Edit: Options: Line Width*). Konkreti srities pločio reikšmė parenkama pagal vaizdo dydį ir kokybę. 16 pav. (kairėje) matyti, kad tokios priemonės ne visada pakanka – rievių profilio kreivėje vis dar lieka netikrų minimumų ir maksimumų. Juos galime panaikinti siauru (3–5 pikselių spindulio) glotninimo filtru (*Process: Filters: Gaussian Blur*). Po filtravimo lokalūs minimumai ir maksimumai profilyje išnyksta (16 pav. dešinėje), tačiau sumažėja ir viso vaizdo ryškumas. Jei glotninimo filtras parenkamas per platus, galima prarasti mažiau pastebimas rieves.

Naudodami paruoštą profilio kreivę išmatuojame rievių pločius. Daugelio taškų žymėjimo įrankiu (jis įjungiamas spustelėjus dešinįjį pelės klavišą ant taško žymėjimo įrankio piktogramos, 2 pav.) pažymime visus profilio minimumus *x* koordinatės didėjimo tvarka. Kai pelės žymeklis yra ties profilio minimumu, spustelėję kairįjį pelės klavišą jį pažymime (padedamas taškas). Minimumų vietas vėliau galima tikslinti paslenkant taškus pele. Kai visi minimumai pažymėti, išmatuojamos jų padėtys (*Analyze: Measure* arba klavišas <M>): rezultatų lange išvedami eilės numeriai ir koordinatės.

Gautus rezultatus išsaugoję tekstiniame faile ir įkėlę į Origin ar MS Excel programą nesunkiai surasime rievių pločius – belieka iš kiekvienos *x* koordinatės, pradedant antrąja, atimti ankstesniąją. Jei vaizdas buvo sukalibruotas, skaičiavimo rezultatai bus pateikiami milimetrais arba centimetrais, jei ne – pikseliais.

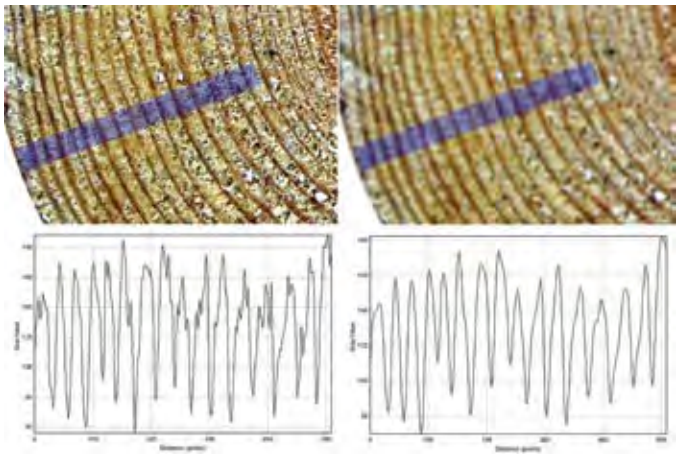
Straipsnyje galėjome supažindinti tik su pačiais skaitmeninių nuotraukų analizės pagrindais. Linkime kantrybės įvaldant labai efektyvų mokslinių tyrimų įrankį – vaizdų analizę! Daugiau informacijos rasite programos ImageJ interneto adresu http://rsbweb.nih.gov/ij



15 pav. Tiesia linija pažymėto vaizdo segmento profilis (*Analyze: Plot Profile*): daugelio taškų žymėjimo įrankiu iš eilės pažymėti minimumai (raudonos rodyklės ir numeriai) atitinka rievių pradžią ir pabaigą.

Audrius Bridžius nuotrauka

14 pav. Medžio kamieno skersinio pjūvio nuotrauka.



16 pav. Kairėje – originalaus vaizdo rievių profilis, dešinėje – tas pats profilis, gautas vaizdą paveikus glotninimo filtru. Neapdoroto pjūvio nuotraukoje medžio rievių profilis netolygus: matyti daug atsitiktinių minimumų ir maksimumų, kurių nebeliko po filtravimo.

Mokslo kalvė: kalk geležį, kol karšta

Gražina Radzvilavičiūtė

Kaip byloja liaudies išmintis, geležį kalti reikia, kol ji karšta. Pedagogai pridėtų, jog ir norą būti mokslininku įžiebti geriausia tol, kol žmogus jaunas. Abi šios neginčijamos tiesos jau antrąsyk patikrintos dideliame renginyje, į kurį iš visos Lietuvos suvažiavo smalsiausi ketvirtų–aštuntų klasių mokiniai: 2011 metų vasario 22–23 dienomis Vilniaus Lenkų kultūros namuose kaito *Mokslo kalvės* žaizdras.

Jaunojo tyrėjo nuotrauka

Linkėjo kurstyti entuziazmą

Antroji *Mokslo kalvė* – paskutinis projekto *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* pirmojo etapo renginys. Simboliška, jog būtent per *Mokslo kalvę* bendras projekto dalyvių skaičius perkopė 1000, be to, dalyvių – jaunųjų mokslo kalvių – skaičiumi tai – didžiausias projekto renginys. Tuo džiaugėsi Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centro direktorius Algirdas Sakevičius: renginio pradžioje jis atkreipė dalyvių dėmesį, jog mokslu besidominčių mokinių gretos sparčiai gausėja.

Lietuvos jaunųjų gamtininkų centro direktoriaus pavaduotoja Albina Nuniavienė mokiniams sakė, jog svarbu tęsti darbus. Juk daug kam *Mokslo kalvė* – tik pirmas žingsnelis didelių darbų link. Todėl mokytojams ji palinkėjo kurstyti entuziazmo žaizdrą, o mokiniams – ir toliau kalti mokslo darbus.

Trys keliai

Po oficialaus renginio atidarymo jaunieji mokslo kalviai pasuko skirtingais keliais, t. y. į tris skirtingas sekcijas A, B ir C. Beje, kai vyko *Mokslo kalvė*, lauke spaudė dvi dešimtis laipsnių siekiantis šaltis, – tačiau kalvėje virė darbas ir buvo visai nešalta ☺ Tikriausiai Lenkų kultūros namai tomis dienomis buvo tapęs karščiausia Vilniaus vieta.

Trijose sekcijose buvo pristatyti net 64 darbai! A sekcijoje mokiniai pristatė fizinių mokslų ir technologijų darbus. Į B sekciją keliavo tie mokiniai, kurie rengė darbus apie gyvybę – gyvūnus, augalus, ekologiją. C sekcija buvo pati didžiausia ir joje atsidūrė įvairiausių temų darbai: chemijos, mitybos, žemės ūkio. Žodžiu, viskas, su kuo kasdien susiduriame: naudojame buityje ar valgome.

O trijų kompetentingų komisijų uždaviniu buvo ne tik išklausyti ir patarti jauniesiems tyrėjams, bet ir iš kiekvienos sekcijos darbų išrinkti kelis, kuriuos būtų įdomu ir pravartu pamatyti visiems kalviukams. Šių darbų autoriai laimėjo galimybę savo pranešimą skaityti per renginio uždarymą visiems *Mokslo kalvės* dalyviams – tai, ko gero, jiems buvo didžiausia auditorija, kuri jų kada nors klausėsi.

Avinėli, pasipurtyk!

Drabužiai, kuriuos vilkime, spalvoti dažai knygelėms spausdinti, ekologiškos dantų pastos gamyba, maistas ir mityba bei kiti žmogui reikalingi dalykai buvo C sekcijoje susirinkusių jaunųjų mokslo kalvių tyrimų objektas. Darbą, skambiai pavadintą „Avinėli, pasipurtyk“, pristatė vilnietės Goja Saguna Kremensaitė ir Saulė Skrabaitė, lankančios būrelį Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centre. Tik mergaitės avinėlio prašė purtytis ne dėl pinigėlių, o dėl vilnos. O ir iškeltas darbo tikslas buvo kilnus – ne tik ištirti natūralios vilnos savybes, bet ir skatinti ekologinę elgseną.

Labai išsamiai *Mokslo kalvės* dalyvius su sviesto mušimo technologijomis supažindino Kaišiadorių Vaclovo Giržado pagrindinės mokyklos penktokai Domantas Sabaliauskas, Rokas Tamulevičius ir Rimantas Kirkickas. Jie nusprendė išsiaiškinti, kokioje temperatūroje mušant sviestą jo išeina daugiausia, kaip nuo temperatūros priklauso gauto sviesto tepumas ir skonis, be to, norėjo ir lengvesnį jo mušimo būdą rasti. Nors kaišiadoriečiai domėjosi sviesto mušimo tradicijomis, sviestą jie mušė ne mediniu muštuviu, o mikseriu laboratorijoje. Šie trijų penktokų bandymai padarė įspūdį ne tik komisijos nariams, bet ir pranešimo klausiusiems mokiniams, todėl nuspręsta, kad jį turi išgirsti visi *Mokslo kalvės* dalyviai.

Įvairovė

Daug gyvosios gamtos stebėjimų, vandens telkinių ir oro užterštumo tyrimo darbų atliko B sekcijoje susirinkę kalveliai. Dubysos upės vandenį ties Seredžiumi tyrė Jurbarko rajono Seredžiaus Stasio Šimkaus pagrindinės mokyklos septintokai Mantas Lekavičius ir Justas Šimkevičius.

O darbo „Kuršių marių vandens ekologinės problemos“ autorius Klaipėdos moksleivių saviraiškos centro auklėtinis aštuntokas Irmantas Nomgaudas savo tyrimus daro ir dar darys ne vieną sykį, ir ne vien tam, kad galėtų dalyvauti *Mokslo kalvėje*. Aštuntokas Kuršių marių pH, druskingumo, skaidrumo ir jonų tyrimus atlieka reguliariai kas savaitę, o kiekvieną trečiadienį savo darbo duomenimis papildo „Globe“ programos žinyną.

Šioje sekcijoje įspūdį padarė panevėžiečių septintokių Vaidos Balčėtytės ir Rūtos Kaščiukaitės darbas „Medicinoje ir buityje naudojamų medžiagų įtaka bakterijų *Lactobacillus bulgaricus* dauginimuisi“ ir penktoko Luko Pociaus bei septintoko Justo Gudžiūno iš Raseinių rajono Girkalnio pagrindinės mokyklos darbas „Laistymo reikšmė augalams“. Taigi ir šiuos pranešimus apie įvairių medžiagų įtaką jogurtuose ir rūgpienyje gyvenančios bakterijos dauginimuisi bei apie tai, kas paaiškėjo tiriant drėgmės poveikį augalams, antrąją *Mokslo kalvės* dieną išgirdo visi dalyviai.

Praktiškiausieji

A sekcijoje susirinko ne tik mėgėjai pasižvalgyti į žvaigždėtą dangų ar stebėti Saulės sistemos planetų palydovus, bet ir praktiškumo mėgėjai. Ne veltui komisija nutarė, kad antrąją renginio dieną visai auditorijai savo darbą „Medžiagų pralaidumo garsui tyrimas“ pristatys Joniškio Mato Slančiausko gimnazijos šeštokai Skirmantas Radžvilas ir Lukas Baltramaitis. Kaip juokavo mokiniai, jų darbas labai aktualus, ypač kenčiantiems nuo triukšmingų kaimynų: jei triukšmadariai gyvena viršuje, verta įsirengti pakabinamąsias lubas, jei apačioje ar už sienos – ant grindų pasitiesti ar ant sienos pakabinti kilimą (gal dėl to anksčiau taip puošti sienas ir buvo madinga?). O jei jau savo butą izoliavote nuo triukšmingų kaimynų ir norite perduoti jiems žinią, kaip juokavo A grupės komisija, geriausia pabarbenti į radiatorių.

Taip pat praktiškas, o dabartiniu metu ir ypač aktualus, pasirodė darbas „Elektros gavimas iš vaisių“, kurį atliko ketvirtokės Ugnė Pajarskaitė, Gabija Širvinskaitė ir antrokas Matas Pajarskas iš Kauno Žaliakalnio pradinės mokyklos. Ką gali žinoti, gal ateityje tai bus ypač naudingas elektros gavimo būdas. Tad ir šį darbą komisija pasiūlė pristatyti visiems dalyviams per *Mokslo kalvės* uždarymą.

Beveik pusė darbų

Beveik pusė iš *Mokslo kalvėje* pristatytų darbų buvo išskirti už praktiškumą, pristatymo įtaigumą, moderniųjų technologijų taikymą, darbo užmojį, idėjos originalumą ir darbo moksliškumą. Na, o uždarymo dieną komisijos atrinktus penkis pranešimus išgirdo visi renginio dalyviai.

Sužinojo daug naujo

Kad jau pradėjome liaudies išmintimi ir kalėme geležį, kol karšta, taip reikia ir baigti. Kitas ne mažiau žinomas priežodis byloja, jog ką išmoksi, ant kupros nenešiosi, todėl galima drąsiai teigti, jog toks didelis renginys, kaip *Mokslo kalvė*, ne tik padeda vaikams išmokti rinkti ir sisteminti informaciją, atlikti tyrimą, kalbėti prieš auditoriją, bet ir suteikia daug žinių. Juk *Mokslo kalvėje* mokiniai išgirsta, ką nuveikė kiti, sužino ir pamato daug naujo.

Ne veltui komisijos nariai dažnai klausė mokinių, kas labiausiai patiko rengiant darbą ir ką naujo sužinojo. O atsakyti jauniesiems mokslo kalviams į pastarąjį klausimą buvo visai nesunku...

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Lietuvai atstovaus jaunųjų tyrėjų ketvertukas

Gražina Radzvilavičiūtė

Kostiumais ar uniformomis apsivilkę, ryšintys kaklaraiščius, laukiantys savo eilės kalbėti – pagalvotum, jog tai Paskutinio skambučio šventė. Tačiau taip iš šalies atrodė Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkurso (ES JMK) nacionalinio etapo dalyviai. Pirmajame nacionalinio etapo ture, vykusiame kovo 21–23 dienomis, ir baigiamajame ture balandžio 19–21 dienomis dalyvavę jaunieji tyrėjai rungėsi dėl teisės atstovauti Lietuvai ES JMK, vyksiančiame 2011 metų rugsėjį Helsinkyje. O tai, kaip žinia, yra kiekvieno jaunojo tyrėjo svajonė.

Jaunojo tyrėjo nuotrauka

Viršūnė pasiekta

Pirmoji viršūnė, į kurią turėjo įkopti jaunieji tyrėjai, – kovą vykęs ES JMK nacionalinio etapo pirmasis turas. Per jo atidarymą, kuriame dalyvavo gausus mokinių ir mokytojų būrys, šis renginys buvo pavadintas mokslo šventė ir per metus nuveiktų darbų patikrinimu. Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centro Renginių organizavimo skyriaus vedėjas, projekto *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* vadovas Jonas Karolis priminė, kad Jaunųjų mokslininkų konkursas Lietuvoje prasidėjo 1995 metais. Pasak jo, viskas patobulėjo, išsiplėtojo, prieš porą metų prasidėjo projektas, padedantis mokiniams ugdyti gebėjimus, būtinus moksliniams darbams. Visi kalbėjusieji linkėjo konkurso dalyviams sėkmingai pristatyti savo darbus. Mokiniai pranešimus apie atliktus tyrimus skaitė Lietuvos jaunųjų gamtininkų centre bei Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centre, o apie tyrimus juos kamantinėjo ne tik mokslininkai, bet ir kiti konkurso dalyviai. Darbus konkurso dalyviai pristatė įvairiose sekcijose: chemijos ir ekologijos, biochemijos, socialinių mokslų ir medicinos, astronomijos ir fizikos, technologijų, humanitarinių mokslų, o biologijos sekcijos dėl pateiktų darbų gausos buvo net dvi.

Bene karščiausios diskusijos virė technologijų sekcijoje: išradėjai aiškinosi, kas ir kaip, negailėjo vieni kitiems patarimų, kaip pagerinti išradimus. Ne ką menkesnės diskusijos vyko astronomijos ir fizikos sekcijoje. Kaip jauniesiems tyrėjams sakė komisijos narys astrofizikas dr. Arūnas Kučinskas, mokslinė diskusija vyksta tada, kai remiamasi objektyviais faktais. Pasak mokslininko, labai svarbu, kad darbe aprašytus eksperimentus pakartoję kiti tyrėjai galėtų patvirtinti jų atradimus. Po intensyvaus darbo dienos visų sekcijų komisijų nariai įvertino išklausytus pranešimus ir atrinko darbus į ES JMK baigiamąjį turą. Į jį pateko 29 darbų autoriai.

Po mėnesio...

Visą mėnesį rengę stendus ir tobulinę darbus pirmojo turo nugalėtojai susitiko LMITKC balandžio 19 dieną. Šįsyk pranešimų jie neskaitė, o prie savo stendų laukė apsilankant komisijos. Jau patyrę konkurso dalyviai negailėjo patarimų naujokams, drąsino ir ragino pasinaudoti proga, t. y. priėjusio komisijos nario išklausinėti vis-

ko, kas tik padėtų tobulinti darbą. Ne vienas skubėjo išgirstais patarimais pasidalyti su į konkursą atlydėjusiu mokytoju.

Baigiamajame ture apsilankę svečiai, konkursantų sirgaliai ir kiti smalsuoliai galėjo paganyti akis ne tik į informatyvius ir spalvingus stendus, bet ir į įdomius jaunųjų tyrėjų atsivežtus eksponatus. Darbo „Moliuskai ir pečiakojai Laukuvos apylinkių fosilijose“ autorės Julija Vaitkevičiūtė ir Laura Girgždytė demonstravo daug sveriančią patrauklią kolekciją – daugybę suakmenėjusių moliuskų, kuriuos merginos surinko Laukuvos apylinkių dirvonuose.

Galimybių studijos „Dirbtinis gluosninių kreivabudžių auginimas ir jų maistinės vertės nustatymas“ autorė Ona Anilionytė namuose jau ne sykį yra užsėjusi iš užsienio parsisiųstų grybų sporų ir užauginusi jau kelis eksperimentinius derlius, tad vieną išaugintų grybų guotą atgabeno parodyti ir kitiems tyrėjams. O Ieva Bogušaitė ir Milda Šiulytė, tyrinėjusios gamtos motyvų ir menų sintezę audimo raštuose, nepamiršo atsivežti ir savo austų raštų pavyzdžių...

Žingsnis po žingsnio

Apie tai, kad prie svajonės išsipildymo artėjama žingsnis po žingsnio nuosekliai dirbant ir tobulinant darbą, liudija varėniškių Dalios Bartkevičiūtės ir Gailės Tumėnaitės (darbas „Grybų dažų pritaikymas gobelenams restauruoti“), kauniečių Dobilės Minkutės (darbas „Apsauginis tekstilinis mobiliojo telefono dėkliukas“) bei Povilo Kavaliausko (darbas „Naminių musių vaidmuo platinant atsparias bakterijų padermes“) pavyzdys. Šie jaunieji tyrėjai, kuriuos galima vadinti tikrais Jaunųjų mokslininkų konkurso veteranais, nes jame dalyvavo toli gražu ne pirmą sykį, ir iškovojo kelialapius į Helsinkį. Dar du jaunieji tyrėjai – šiaulietis Airidas Žukauskas (darbas „Elektromagnetinių bangų, kurias skleidžia mobilieji telefonai, poveikio tyrimas bakterijoms *Bacillus subtilis*“) ir kaunietis Matas Navickas (darbas „Dekoratyvinės obels „Red Sentinel“ *in vitro* kultūros gavimas ir mikrodauginimas“) taip pat tapo šių metų baigiamojo turo laureatais. Konkurse jų laukiama kitais metais ir – kas žino – gal kitąmet būtent šie pagrįstų ambicijų turintys jaunieji tyrėjai iškeliaus atstovauti Lietuvai.

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Konkurso dalyvių apdovanojimas LR švietimo ir mokslo ministerijoje

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Į Helsinkį

Pusseserės Dalia ir Gailė baigiamajame ture jautėsi kaip namie. Daugelis jaunųjų tyrėjų jaudinosi, nerimavo prieš savo pranešimus, o varėniškės atrodė ramios ir savimi pasitikinčios. O kaipgi kitaip, jei konkurse Dalia dalyvavo jau trečią kartą, o Gailė – antrą. Merginų darbas „Grybų dažų pritaikymas gobelenams restauruoti“ nuosekliai plėtotas ir tobulintas. Pirmaisiais metais merginos sukūrė dažymo grybais būdus ir vizualiai vertino gautų spalvų atsparumą skalbimui. Antraisiais metais mokinės tyrė grybų dažais margintų pluoštų spalvos atsparumą sendinimui. O auksinis tapo trečiaisiais metais atliktas siūlų, dažytų grybų dažais, mechaninių savybių tyrimas. Taigi matote – tai sėkmės receptas, parodantis, kaip nuosekliai dirbant gaunamas puikus rezultatas.

Ne ką lengviau darbavosi ir Povilas. „Per šiuos metus nuveikiau gana daug. Žinoma, neišklysti iš kelio ir nepadaryti per daug ar per mažai man padėjo vadovė doc. dr. Rita Plančiūnienė ir konsultantė Rasa Grigaitė, o dalis mano tyrimų būtų nepavykę be prof. Editos Sužiedėlienės pagalbos“, – mokslininkėms už pagalbą skuba dėkoti Povilas. Per metus jis nuveikė išties nemažai: patobulino savo sukurtą bakterijų išskyrimo iš vabzdžių audinių metodą, sukūrė unikalią mitybinę terpę joms auginti. Biocheminiais testais Povilas nustatė iš musių išskirtas bakterijas. Surinktų bakterijų

mėginių buvo labai daug, o laiko, kaip pats sako, palyginti mažai. Be to, tai tik vienas darbo etapas – identifikavus išskirtas bakterijas reikėjo nustatyti, kokiems antibiotikams jos jautrios, o kokiems – atsparios. Tada Povilas atliko tyrimus, kad sužinotų, iš kur – klinikinių ar veterinarinių šaltinių – musėse atsirado atsparios bakterijos. Jaunasis tyrėjas pripažįsta, jog apibendrinant duomenis išaiškėjo kai kurie neatitikimai, dėl kurių tyrimus reikėjo kartoti.

Dobilė JMK dalyvavo antrąsyk (pernai ji dalyvavo su sese abituriente) ir, pasak jos, per metus darbas įgijo visiškai kitą reikšmę ir vertę, o į pripažinimą vienu geriausių atvedė mokslininkų patarimai ir kruopštus darbas. Per metus pasikeitė ne tik Dobilės darbo struktūra, bet ir pobūdis, buvo atlikta daugybė tyrimų. „Atlikome naujus bandymus, viską dar kartą pamatavome, žiūrėjome, ar išliko panašios tendencijos, komisijos patarimu nustatėme baterijos išsikrovimo laiko priklausomybę nuo apsauginių medžiagų, panaudojome naujas saugesnes medžiagas. Tobulinant darbą labai naudingos buvo ir Jaunųjų tyrėjų vasaros mokykla, ir *Idėjų mugės*. Šie renginiai padėjo suvokti, ką ir kaip turiu daryti, o darbą dar labiau sutvirtino ir padarė moksliškesnį konsultanto iš Jaunųjų tyrėjų konsultavimo centro pagalba“, – pasakojo Dobilė.

Vis dėlto ketvertukui, rudenį keliausiančiam į Helsinkį, per vasaros atostogas, matyt, nepavyks pamiršti jų laukiančios kelionės. Nors jau daug padaryta, dar daug darbų prieš akis. Juk tobulėjimui ribų nėra!

Konkurso laureatai

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Mokytojai irgi mokosi

Gražina Radzvilavičiūtė

Kas yra mokytojas? Griežtas visažinis, raudonu parkeriu taisantis mokinių klaidas? Prieš mokinius stovintis ir liepiantis viską tiksliai pakartoti diktatorius? Ne, ne... Tiesą sakant, mokytojai mažai skiriasi nuo savo mokinių: atviromis akimis žiūri į pasaulį, nebijo suklysti ir trokšta žinių. Juk mokytojai irgi mokosi.

Jaunojo tyrėjo nuotrauka

Beveik visus 2010–2011 mokslo metus trukusiuose projekto *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* numatytuose mokymuose pasiryžo dalyvauti net šešiasdešimt mokytojų. Nemanykite, kad prisiminti studijų laikus jiems buvo labai paprasta... Tačiau mokytojai stengėsi kaip reikiant. Kad mokytojų mokymai praėjo ne veltui, jau buvo galima įsitikinti. Pavyzdžiui, per paskaitas apie duomenų analizę įgytas žinias mokytojai greitai perdavė savo mokiniams: *Idėjų mugėse* ir Jaunųjų mokslininkų konkurse ne vieno mokinio stende grafikai jau puikavosi „ūsais“ – nurodytomis paklaidomis. O ir vaizdų analizės pamokos jau davė pirmųjų vaisių. Nė vienas mokytojas nesigailėjo, jog apsisprendė mokytis. 2010 rudenį pasibaigus pirmajam mokymų etapui, jie gyrė teorinių mokymų lektorius ir džiaugėsi, kad galės padirbėti laboratorijose.

Pradžia – idėja

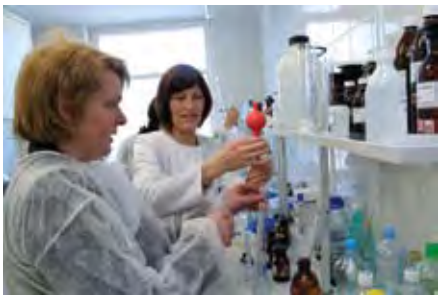
Viskas prasideda nuo idėjos... O iš kur tų idėjų semtis, kaip sukurti palankią aplinką kūrybiškumui ir motyvuoti mokinius, pedagogus mokė dr. Gediminas Beresnevičius. O kai kūrybiškumas liejasi per kraštus, reikia jį nukreipti, suteikti jam tinkamą formą. Todėl teoriniuose mokymuose daug dėmesio buvo skirta pagrindiniams mokslinio tyrimo principams, kuriuos mokytojams dėstė prof. Vladas Vansevičius. Pasak profesoriaus, nėra neįdomių ir neperspektyvių mokslų. O ar įdomu ir prasminga, priklauso nuo tyrimų gylio, į kurį sugebama panerti. Todėl galima sakyti, kad ir šių mokytojų mokymų tikslas buvo padėti jiems panerti giliau... Klausydamiesi paskaitų mokytojai pagaliau išgirdo visą zuikių maitinimo žiemą istoriją, kurią žino mažų mažiausiai visi Jaunųjų tyrėjų vasaros mokyklų dalyviai. Šis medžiotojų užsakytas ☺ mokslinis tyrimas buvo pavyzdys, kaip susiplanuoti, atlikti ir aprašyti tiriamąjį darbą.

Lektorius dr. Donatas Narbutis daugiausia dėmesio skyrė duomenų analizei, nes net turint tyrimų duomenis, bet nežinant, ką su jais galima daryti ir kokią informaciją jie gali suteikti, gerų darbo rezultatų tikėtis neverta. Na, o paklaidų įvairovė tikrai turėjo ne vienam mokytojui apsukti galvą. Svarbiausia – suprasti, kad neįmanoma padaryti net paprasčiausio eksperimento idealiai tiksliai – nuo paklaidų nepabėgsi. Tad kito kelio nėra – jas reikia įvertinti ir nepamiršti, kaip teigė D. Narbutis, kad paklaidos nėra klaidos.

Analizuoti skaitmeninius vaizdus ir tam skirtos kompiuterinės programos naudojimo subtilybių mokė dr. Audrius Bridžius. Lektorius sakė, kad moksle labai tinka patarlė „Geriau vieną kartą pamatyti, negu šimtą kartų išgirsti.“ Vaizdus analizuoja ekologai ir geologai, genetikai ir astronomai, kitų sričių mokslininkai. Kaip parengti tiriamųjų objektų vaizdus ir ką jie gali papasakoti, mokytojams sužinoti buvo labai naudinga.

Jau pirmosiomis mokymų dienomis mokytojams teko ne tik sėdėti ir klausytis, bet ir iškart taikyti išgirstas žinias: doktorantė jaunųjų tyrėjų vadovė Julija Baniukevič ne tik papasakojo apie darbą laboratorijoje, kaip spręsti eksperimento metu kilusias problemas, kada pasitikėti gautais matavimų duomenimis, bet ir pasiūlė atlikti keletą bandymų. Mokytojai galėjo ištirti, kaip fermento katalazės aktyvumas priklauso nuo pH, išmatuoti deguonies koncentraciją ore.

Taip praėjusi teorinių mokymų savaitė nuteikė mokytojus rimtiems moksliniams tyrimams.



Laboratorijose

Taigi, kaip matote, mokytojus mokė ir jauniesiems tyrėjams iš vasaros mokyklų ir *Idėjų mugių* gerai pažįstami lektoriai ir ekspertai. O kad mokytojai visai įsijaustų į tyrėjų vaidmenį, susipažintų su šiuolaikinių laboratorijų įranga ir patys išmoktų ja naudotis, turėjo paplušėti laboratorijose. Praktiniam darbui laboratorijoje buvo skirta 60 valandų. Jaunųjų tyrėjų vadovus į laboratorijas įsileido įvairios Lietuvos mokslo ir mokymo įstaigos: Gamtos tyrimų centro Botanikos institutas, Klaipėdos universiteto Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas, Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialo Žemdirbystės institutas, Vilniaus pedagoginis, Vytauto Didžiojo, Vilniaus universitetai ir Vilniaus universiteto Biochemijos institutas.

Tačiau tuo mokytojų mokymai nesibaigė. Kaip jiems sekėsi, kokius darbus darė ir kokius rezultatus gavo, mokytojai papasakojo gegužės mėnesį vykusiose konferencijose.

Mokslinėje konferencijoje

Mokslinius darbus mokytojai pristatė 2011 metų gegužės 13, 14 ir 21 dienomis. Vienus mokytojus domino, pavyzdžiui, kokioje kavoje didžiausia kofeino, o kokioje dantų pastoje – natrio dodecilsulfato koncentracija, kokio purpurinio karklo ūgliai labiausiai tinka pynimui. Kitų darbai nebuvo tokie žemiški, pavyzdžiui, Almina Martūnienė tyrinėjo Mėnulio kraterius ir Žemei pavojingus kosminius kūnus, Vacys Jankus domėjosi, kaip medžių augimas susijęs su Saulės aktyvumu, nemažas būrys mokytojų klonavo genus, o kur dar kvantinių taškų optinių savybių ar entropijos tyrimas. Bandyta išspręsti ir kai kurias su ekologija susijusias problemas, pavyzdžiui, ištirti, kaip paveikia pievų augalus užteršto ežero dumblas, naudojamas kaip trąša, nustatyti uosialapio klevo ekstrakto poveikį dumblio ląstelėms ar įvertinti, kaip įvairūs plovikliai veikia bakterijas.

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Kol vieni mokytojai kalbėjo, aiškino tai, ką pastaruosius kelis mėnesius veikė laboratorijose, kiti įdėmiai klausėsi ir nekantravo užduoti klausimus. Pristatyme tvyrojo vos juntamas jaudulys. Juk mokytojai pakliuvo išties į kiek neįprastą situaciją – reikėjo kalbėti savo kolegoms, atsakyti į visus klausimus apie darbą ir būti įvertintiems. O jų klausėsi ir komisija, kurios pirmininkas prof. Vladas Vansevičius per visus projekto renginius pastabomis ir siūlymais siekė tinkama linkme nukreipti ne tik mokinius, bet ir jų darbų vadovus.

Žinoma, prieš didelę auditoriją kalbėti jie įpratę, todėl sklandžiai ir patraukliai pasakojo apie savo tyrimus, naudotą aparatūrą bei technologijas, kurias galėjo išbandyti. Ne vienas pedagogas po konferencijos džiaugėsi, jog per šiuos mokymus turėjo galimybę grįžti į studijų laikus.

Įdomu ir tai, jog nors dauguma mokytojų darė tyrimus, susijusius su jų specialybe, kai kurie jų išbandė visiškai naujas sritis: fizikos ir informacinių technologijų mokytoja Asta Radžvilienė tyrė inkstų akmenų sudėtį, fizikos mokytoja Loreta Gražienė – kadmio poveikį vasariniams miežiams, o geografijos mokytoja Lilija Ūsienė – natrio gliutamato kiekį maisto produktuose.

Po konferencijų mokytojai – dabar jau diplomuoti jaunųjų tyrėjų vadovai, sugrįžo į savo mokyklas. Svarbiausia, jog įgytą patirtį ir žinias apie naujausias tyrimų metodikas mokytojai galės perduoti savo mokiniams – jauniesiems tyrėjams, kurie ateityje papildys mokslininkų gretas.

Kas laukia robotų

Tomas Luneckas

Dabartinėse gamyklose didžiąją dalį paprastų pasikartojančių darbų atlieka robotai. Vadinasi, šios darbo vietos užimtos. Juk darbdaviui paprasčiau pasamdyti ne žmogų, o robotą – jis gali dirbti visą parą ir nesiskundžia, be to, jam nereikia mokėti atlyginimo. O ir neseniai amerikiečių atliktas įdarbinimo statistikos tyrimas rodo, kad dėl darbo vietų stygiaus jau galima pradėti kaltinti robotus[1].
Bet ar tik ne šitaip žmonės įsivaizdavo šių pagalbininkų paskirtį – dirbti juodžiausius ir nuobodžiausius darbus?

[1] http://www.popsci.com/technology/article/2010-10/robots-are-stealing-american-jobs-economists-say

Iš Lego NXT sukonstruotas roboto veidas gali reikšti emocijas

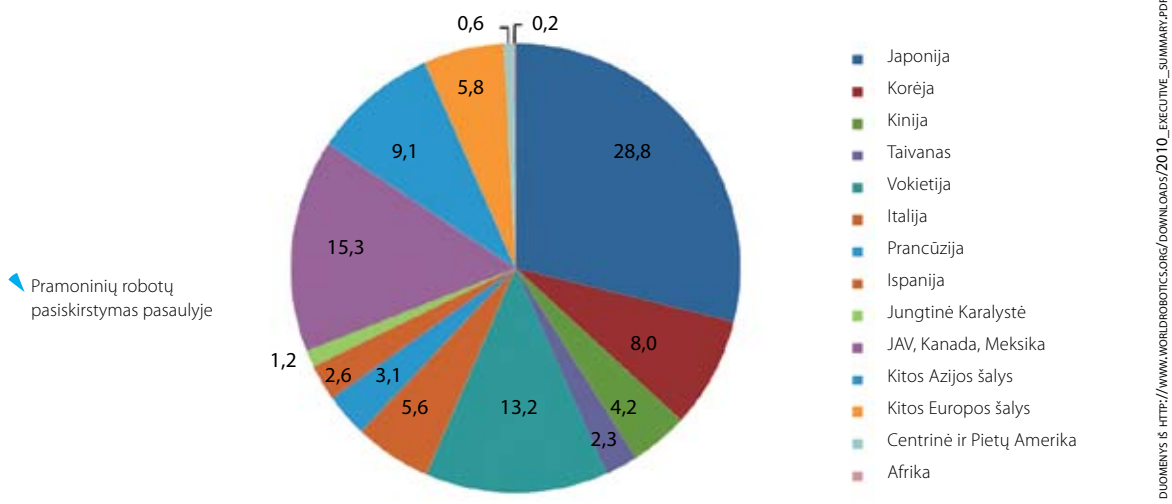
Tomo Lunecko nuotrauka

Kam jie mums reikalingi?

Teko girdėti sakant „Visi normalūs žmonės – tinginiai“, tai yra kiekvienas nori padaryti darbą kuo greičiau ir lengviau. Tad nenuostabu, kad net daugelyje senųjų mitų pasitaiko dirbtinių žmonių ar mechaninių pagalbininkų. Nors minčių apie robotus užuomazgų jau buvo keli šimtmečiai prieš Kristų, tačiau žodis „robotas“, reiškiantis labai sunkų darbą (kartu apibūdinantis ir robotų paskirtį), pirmą kartą pavartotas tik 1920 metais. Yra darbų, kurių žmonės dėl pavojingų, sudėtingų sąlygų negali atlikti, pavyzdžiui, kai labai aukšta temperatūra, nuodinga terpė, taip pat neprieinamose vietose (vamzdynuose) ir pan. O kur dar purvini, pasikartojantys, nuobodūs darbai gamyklose. Nuo 1954 m., kai buvo sukurtas pirmasis pramoninis robotas, jų gamyba vis plėtėsi. Žmonės pasigamino nemažai mechaninių pagalbininkų – šiuolaikiniai pramoniniai ir kitokie robotai išlaisvino žmones nuo sunkių ir neįdomių darbų.

Pramoniniai robotai

Pasaulyje šiuo metu yra daugiau kaip milijonas veikiančių pramoninių robotų. Daugiausia jų turi Japonija. Gana sudėtinga rasti pramonės šaką, kurioje jie nebūtų naudojami. Iš pradžių jie buvo pasitelkti darbams automobilių pramonėje, o vėliau palengva paplito maisto, medicinos, karinėje pramonėje ir kitur.



Pramonės įmonėse dažniausiai naudojamos įvairių tipų robotizuotos rankos – manipuliatoriai. Pramoniniai robotai pasižymi skirtingais autonomijos lygmenimis. Dauguma jų cikliškai vykdo įrašytas programas, bet neretai pasitaiko, kai pramoniniam manipuliatoriui tenka atpažinti objektą, su kuriuo jis turi dirbti, rasti vietą, iš kur reikia jį paimti ar kur padėti. Tokiais atvejais robotui būtini specialūs jutikliai ir tinkama valdymo programa, kad galėtų atlikti jam skirtą užduotį. Ir kuo toliau, tuo papildomų jutiklių ir prisitaikančio „proto“ reikia daugiau. Taigi robotus nuolat reikia tobulinti, kurti naujas technologijas, kad jie patikimai atliktų jiems pavestus darbus bei neužkliudytų ir nesužalotų šalia dirbančio žmogaus.

Paslaugų robotai

Pagal Tarptautinės Robotikos Asociacijos (*International Federation of Robotics*, IFR) apibrėžimą, paslaugų robotas yra pusiau arba visiškai autonomiškai veikianti mašina, kuri atlieka darbus žmogaus buičiai pagerinti ar įrangos funkcionavimui užtikrinti, išskyrus gamybą.

Šiai robotų kategorijai priskiriami robotai siurbliai, žoliapjovės, blynų kepėjai[2], šokėjai ir aktoriai[3], taip pat ligonių bei senyvų žmonių slaugės ir begalė kitokių. Sunku pasakyti, kiek šiuo metu pasaulyje tokių robotų padeda žmonėms. Žinoma, kad iki 2009 m. pabaigos jų buvo parduota beveik 9 mln. Populiariausi – robotai siurbliai ir žoliapjovės, o naujausias sukurtas buitinis robotas skirtas rankšluosčiams lankstyti[4].

Konstruojant paslaugų robotus reikėjo išspręsti įvairias jų mobilumo, aplinkos suvokimo problemas, sukurti valdymo algoritmus, padedančius geriau orientuotis dvimatėje erdvėje. Šiose srityse pasiekta didelė pažanga. Tačiau, kaip ir pramoninius, paslaugų robotus dar reikia tobulinti. Svarbu užtikrinti tikslius veiksmus su aplinkos objektais, gebėjimą judėti ne tik lygiais patalpų paviršiais. Vienas svarbiausių tobulintinų dalykų – žmogaus ir paslaugų roboto bendravimas (angl. *human-robot interaction*, HRI). Siekiama, kad roboto veiksmai nesukeltų pavojaus žmogui. Galima tikėtis, kad bus sukurta robotų, kurie dirbs ne po vieną darbą, o mokės kelis ir nebereikės atskiro roboto kiekvienai užduočiai atlikti. Tas pats robotas mokės ir kilimus siurbti, ir žolę pjauti, ir valgį ruošti...

Kariniai robotai

Nors patys kariškiai nevartoja termino „robotas“[5], galima suskaičiuoti ne vieną dešimtį kariniams tikslams sukurtų robotų. Šiuolaikinis ir dažniausiai pasitaikantis karinis robotas yra nedidelė vikšrinė platforma, valdoma nuotoliniu būdu. Joje įrengtos vaizdo ir garso perdavimo sistemos, įtaisyti chemikalų ar kitokie jutikliai. Tokios robotų sistemos dažniausiai yra gana lanksčios, su keičiamais jutikliais, manipuliatoriais ar ginklais.

Kariškiams priklauso ir vienas tobuliausių pasaulyje keturkojų robotų – BigDog[6] (šį robotą sukūrė technologijos kompanijos *Boston Dynamics* ir *Foster Miller*, Reaktyvinio judėjimo laboratorija (JPL) ir Harvardo universitetas). Daug kas apie jį yra girdėjęs. Šis robotas gali laisvai judėti nelygiu paviršiumi, šlaitu aukštyn ir žemyn, nešti sunkius krovinius, išlaikyti pusiausvyrą net paslydęs. BigDog nešasi valdymo kompiuterį, kuris apdoroja informaciją, gaunamą iš sąnarių, kontakto su paviršiumi, apkrovos jutiklių, giroskopo, lazerinio radaro ir stereovaizdo sistemos bei jutiklių, rodančių vidinę roboto būseną, pavyzdžiui, hidraulikos slėgį, baterijų įkrovimo lygį, ir valdo jo judesius. BigDog gali bėgti ~6 km/h greičiu, lipti iki 35° statumo šlaitu, eiti per akmenis, nuolaužas, sniegą ar vandenį, lipti klampiu paviršiumi. Jis gali nešti ~150 kg sveriantį krovinį (pats sveria ~100 kg), jam priklauso pasaulio rekordas už didžiausią mašinos su kojomis nueitą atstumą (~20,5 km).

Iš karinių robotų dar minėtini nepilotuojami skraidantys robotai. Jie labiau panašūs į lėktuvų modelius negu į robotus. Daugiausia šie robotai naudojami žvalgybai. Jie būna įvairaus dydžio, pavyzdžiui, FQM-151 Pointer gali būti paleistas iš rankų, reaktyvinio RQ-4A Global Hawk sparnų ilgis siekia 35 m, o robotai MQ-1 Predator gali nešti Hellfire kovines raketas.

Šiuo metu nėra visiškai autonominių karinių robotų, komandos jiems perduodamos radijo ryšiu. Vienas iš kariškių tikslų – sukurti kariuomenę be žmonių, t. y. pakeisti juos kariais robotais. Tačiau kyla ir abejonių, ar galima robotui suteikti galimybę pačiam spręsti, į ką ir kada šauti.

Humanoidai

Humanoidinis robotas, arba humanoidas, pavyzdžiui, ASIMO, sudėjimu panašus į žmogų – turi dvi kojas, dvi rankas, liemenį, galvą, bet nebūtinai gali atrodyti kaip žmo-

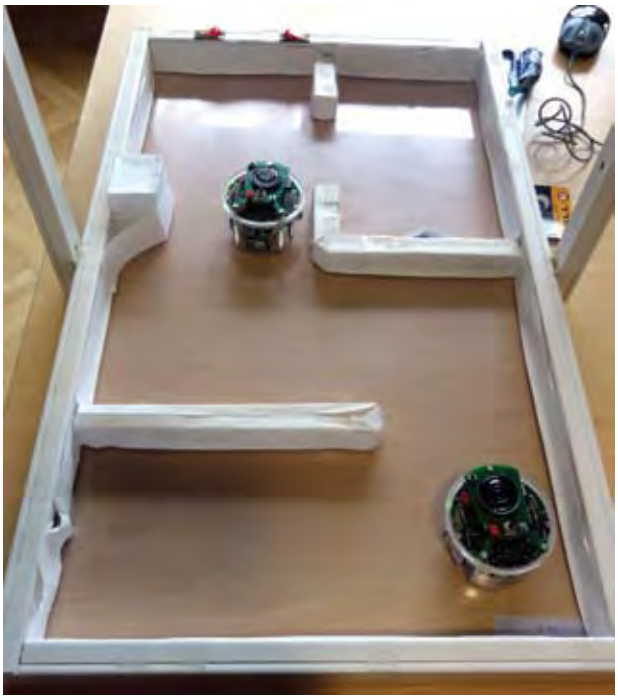
[2] http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1191884

[3] http://gizmodo.com/5482762

[4] http://www.wired.com/gadgetlab/2010/04/towel-folding-robot-could-fix-laundry-woes

[5] Vartojamas terminas „nepilotuojama transporto priemonė“; gali būti žemės arba oro (angl. *Unmanned Ground Vehicle*, UGV, *Unmanned Aerial Vehicle*,UAV).

[6] http://www.bostondynamics.com/robot_bigdog.html



Tomo Lunecko nuotrauka

Du robotai labirinte nesusiduria vienas su kitu ir kliūtimis. Tokie primityvūs robotai gali sudaryti ir robotų spiečių

gus. Humanoidų atsiradimas siejamas su tobulesnių protezų kūrimu. Pirmieji humanoidai pradėti kurti 1990 metais. Po dešimtmečio jie tapo kur kas panašesni į žmogų. Tokie robotai dar vadinami androidais.

Norint sukurti humanoidą reikia gerai pažinti žmogaus anatomiją ir fiziologiją. Natūralu kurti į žmogų panašų robotą, nes prisitaikyti prie žmonių aplinkos jam bus kur kas lengviau. Be to, žmogui bendrauti su į save panašiu padaru psichologiškai lengviau. Humanoidai, turintys aukšto lygio dirbtinį intelektą, galėtų pasitarnauti kosmoso tyrimams. NASA ir *General Motors* neseniai sukūrė humanoidą Robonaut 2. Jis jau išskrido į Tarptautinę kosminę stotį[7]. NASA ketina ir į Mėnulį nusiųsti humanoidą. Ateityje bus sukurta humanoidų, kurie savo išvaizda, judesiais, fiziniais sugebėjimais, taip pat gebėjimu reikšti emocijas bus visiškai panašūs į žmogų. Tokie robotai galės dirbti visus darbus kaip ir žmonės.

Egzoskeletai

Egzoskeletas yra žmogaus skeletą primenantis išorinis rėmas žmogaus galūnių jėgai sustiprinti. Pirmasis egzoskeletas Hardiman[8] buvo pagamintas 1960 m., svėrė 680 kg ir leido pakelti 110 kg, tarsi tai būtų 4,5 kg. Viena pagrindinių kuriamo egzoskeleto paskirčių buvo padėti kareiviams nešti sunkius daiktus (80–300 kg) bėgant ar lipant laiptais.

Egzoskeletai taip pat gali būti taikomi medicinoje, pavyzdžiui, reabilitacijoje, ir kitur. Tokie egzoskeletai kostiumai ne tik gali padėti paralyžiuotiems, negalintiems vaikščioti ar kitokią negalią turintiems žmonėms atsistoti ant kojų, bet ir padėti vėl išmokti vaikščioti savarankiškai. Šiuo metu Japonijoje kuriami keli tokio tipo egzoskeletai (HAL 5, HONDA egzoskeleto kojos).

Egzoskeletuose naudojamos kompiuterio valdomos hidraulinės arba elektrinės pavaros. Energiją tokio kostiumo įrangai gali tiekti baterija ar vidaus degimo variklis, įtaisyti pačiame egzoskelete. Egzoskeletai dar nėra plačiai naudojami, nes juos tobulinant reikia išspręsti nemažai inžinerinių problemų – reikalingas tinkamas energijos šaltinis, lengvos ir tvirtos medžiagos, galingos ir lengvos pavaros, lankščios jungtys, kostiumo galios ir greičio valdymo bei apsaugos nuo neteisingų judesių sistemos ir kita. Išsprendus šias problemas egzoskeletus bus galima nešioti po kasdieniais drabužiais.

Moduliniai robotai ir robotų spiečiai

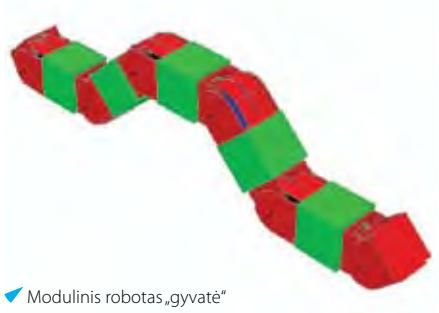
Tai labai perspektyvios robotikos sritys. Nors abi sritys, atrodytų, nagrinėja visiškai skirtingas robotikos problemas, tačiau jos yra glaudžiai susijusios.

Pirmiausia apie modulinius (kintamos formos ir sandaros) robotus. Šie robotai yra autonominiai kintamos morfologijos elektromechaniniai įrenginiai, kitaip tariant, jie geba keisti savo formą ir struktūrą. Jų pagrindinė paskirtis – prisitaikyti prie pasikeitusios situacijos, pavyzdžiui, toks robotas gali „užsiauginti“ kojas ir lengvai judėti nelygiu paviršiumi arba pavirsti rutuliu ir riedėti didžiausiu įmanomu greičiu, arba, tarkim, „užsiauginti“ sparnus ir nuskristi į tolimą tašką. Tokių robotų galimybės būtų neišsemiamos, jie ne tik galėtų „atsiauginti“ prarastas galūnes, bet ir pavirsti fiksuotais objektais: stalais, sienomis ar pan.

Modulinį robotą sudaro daugybė mažų robotukų (modulių), turinčių bent vieną laisvės laipsnį, bent dvi vienodo tipo jungtis (geriausia keturias), kuriomis jungiasi su kitais moduliais. Per šias jungtis moduliai gali keistis informacija, maitinimo energija ir kt. Iš esmės kiekvienas toks modulis yra savarankiškas robotas, turintis valdymo sistemą, pavaras, jutiklius. Sujungti moduliai sudaro vientisą sudėtingą sistemą.

Robotų spiečiai yra valdomos ir koordinuojamos robotų grupės, susidedančios iš daugybės mažų primityvių robotų. Robotų spiečių valdymas pagrįstas robotų tarpusavio sąveika ir jų sąveika su aplinka. Toks valdymas atsirado tiriant dirbtinį grupinį intelektą, taip pat tyrinėjant vabzdžius, pasižyminčius grupine elgsena, pavyzdžiui, skruzdėles.

Kiekvieno individualaus roboto „protas“ gali būti labai primityvus, tačiau jų grupės intelektinis pajėgumas gana didelis. Tai rodo paprastas pavyzdys. Kiekvienas robotukas užprogramuotas judėti atsitiktinai, o jei susiduria su kitu robotuku arba kliūtimi, privalo pastovėti tam tikrą laiką, kuris priklauso nuo aplinkos apšviestumo susidūrimo vietoje. Kuo didesnis susidūrimo vietos apšviestumas, tuo ilgiau robotas ten stovi. Robotukų tikslas – susitelkti labiausiai apšviestame taške. Eksperimentas parodė, kad

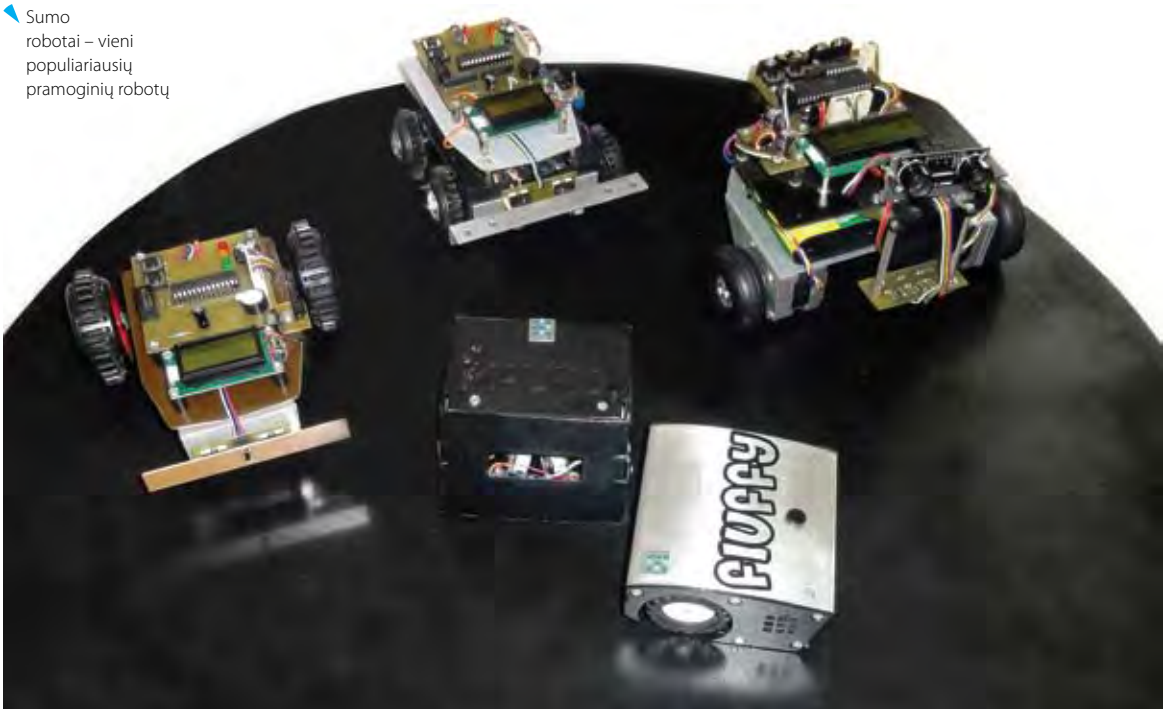


Deimanto Žvirblio nuotrauka

Modulinis robotas „gyvatė“

[7] http://robonaut.jsc.nasa.gov

[8] http://davidszondy.com/future/robot/hardiman.htm



Sumo robotai – vieni populiariausių pramoginių robotų

Tomo Lunecko nuotrauka

jei sąveikaujančių robotukų daugėja, jie vis greičiau randa labiausiai apšviestą vietą ir susitelkia joje. Robotų spiečiaus veikimas pagrįstas nuolatiniu grupės keitimusi informacija ir bendra suderinta veikla.

Ir modulinių robotų, ir robotų spiečių atskirų elementų miniatiūrizavimas bei kiekvieno elemento unifikavimas yra svarbi užduotis. Taip siekiama sukurti unifikuotų autonominių nanorobotų spiečių, susidedantį iš milijonų nanorobotų, galinčių susijungti į vieną ar kelias didesnes sistemas, kurių paskirtis atlikti konkrečias užduotis.

„Gyvieji“ robotai

Nuo seno žmonės kurdami robotus iš gyvosios gamtos kopijavo daug ką: roboto kūno formą, kojų sandarą bei eiseną, klausą, regą, lytėjimą ir kita. Tačiau net ir patys tobuliausi dabarties robotai neprilygsta nė vienam gyvajam organizmui. Todėl pradėta galvoti kiek kitaip. Kam kopijuoti ir stengtis padaryti tai, kas jau yra gerai padaryta, juk galima paimti gyvą organizmą ir tiesiog jį valdyti kaip patinka. Skamba gana kraupiai, bet tai jau nebe mokslinė fantastika. Visai neseniai buvo paskelbta informacija, kad mokslininkams pavyko pavaldyti skraidantį vabzdį.

Dar lėliukės stadijoje vabzdžiui į nervų sistemą įauginami elektrodai, prie kurių vėliau prijungiama valdymo mikroschema. Perduodant valdymo signalus skirtingoms vabzdžio raumenų grupėms galima valdyti jo judesius. Manoma, tokiu metodu bus galima ne tik kontroliuoti visas reikalingas gyvio funkcijas, bet ir gauti informaciją iš jo jutimo organų, pavyzdžiui, vabzdžio matomą vaizdą.

Taip įmanoma valdyti ne tik primityvius organizmus, bet ir išsivysčiusius, tarp jų ir žmones. Šiuo metu atliekami eksperimentai, kurių metu žmogaus dirbtines galūnes bandoma valdyti mintimis[9]. Į nervų sistemą implantuojami elektrodai, kurie vėliau jungiami prie robotizuotos galūnės valdymo sistemos. Žmogus, galvodamas apie galūnės pajudinimą, siunčia elektrinius impulsus nervų sistemai, kuri juos perduoda į galūnę valdančią sistemą.

Žvelgiant į šių tyrimų ateitį ir turint omenyje, kad didžiausia robotikos problema yra roboto „protas“, būtų galima tikėtis mechaninių kūnų, kuriuos valdys žmogaus smegenys.

[9] http://www.thesun.co.uk/sol/homepage/news/2756686/The-bionic-hand-controlled-by-thoughts.html

Lino Aidoko nuotrauka

Robotas, reaguojantis į apšvietimą, – važiuoja į šviesą arba traukiasi nuo jos.

VGTU Elektronikos fakulteto studentų sukurtas mobilusis robotas „Kaliaskė“, kuriam orientuotis padeda vaizdo kameros ir ultragarsiniai jutikliai (varžybose *Robotų intelektas 2011*)

Tomo Lunecko nuotrauka

Dubingių kapavietės paslaptys

Rimantas Jankauskas

Lietuva 2009 metais minėjo savo vardo tūkstantmetį. Tokie jubiliejai skatina dar kartą apžvelgti mūsų valstybės istoriją, įvertinti svarbiausius įvykius, vietoves, asmenis. Vienas iš šio jubiliejaus renginių buvo Radvilų – vienos iškiliausių Lietuvos didikų giminių – palaikų perlaidojimas Dubingių piliavietėje.

Tarp Dubingiuose palaidotų asmenų labiausiai mūsų istorijai nusipelnę Radvilos – pusbroliai Mikalojus Radvila Rudasis[1] ir Mikalojus Radvila Juodasis[2]. Mikalojus Radvila Rudasis po Žygimanto Augusto mirties iki Steponą Batorą išrenkant Lenkijos karaliumi buvo faktinis Lietuvos Didžiosios kunigaikštystės (LDK) valdovas, taip pat vienas žymiausių LDK kariuomenės vadų Livonijos kare (1558–1583), vienas LDK delegacijos Liublino seime vadovų, atkakliai gynė LDK savarankiškumą. Mikalojus Radvila Juodasis Žygimanto Augusto laikais buvo laikomas faktiniu Lietuvos valdovu, kuriam atėjus į Ponų Tarybos posėdį esą atsistodavęs net pats karalius. Mikalojus Radvila Juodasis ir jo žmona Elžbieta Šidlovecka-Radvilienė iš pradžių buvo palaidoti Vilniuje, jų pastatytoje evangelikų reformatų bažnyčioje. Tačiau dėl Lietuvoje prasidėjusios kovos su protestantais Mikalojus Radvila Našlaitėlis (1549–1616) pasirūpino, kad jo tėvų palaikai atsidurtų saugesnėje vietoje, t. y. perkėlė juos į Dubingių bažnyčią. Per XVII a. antrojoje pusėje vykusius karus Dubingių evangelikų reformatų bažnyčia buvo nusiaubta, iš rūsio ištraukti Radvilų palaikai išmėtyti po bažnyčią. Po šių karų Radvilų palaikai buvo surinkti ir vėl garbingai perlaidoti, bet prieš Šiaurės karą, bijant išniekinimo, paslėpti. Ir šįkart paslėpti taip, kad juos atrado tik 2004 metais, o identifikuoti buvo 2004–2008 metais antropologų, istorikų, menotyrininkų ir archeologų pastangomis. Kaip tai vyko?

Tyrinėjant buvusios Dubingių evangelikų reformatų bažnyčios vietą, centrinėje bažnyčios dalyje, po buvusiu Dievo stalu, 2004 metų liepą rasti į specialiai padarytą dėžę sudėti iš kitos vietos perkelti palaikai (1 pav.). Dėžė, kurioje buvo sudėtos tik kaukolės, ilgieji ir kiti didesni kaulai, tebuvo apie 1 m × 1,5 m dydžio. Tai sukėlė įtarimą, kad šioje garbingiausioje bažnyčios vietoje buvo perlaidoti ypatingų asmenų palaikai. Ištyrę visą buvusios bažnyčios ir šventoriaus plotą (per 350 kapų) archeologai kito tokio palaidojimo nerado. Pagal pradinį antropologinį tyrimą, šiame kape būta ne mažiau kaip aštuonių suaugusių asmenų (šešių vyrų ir dviejų moterų) palaikų. Taigi, kieno šie palaikai?

Pagal istorinius šaltinius, Biržų-Dubingių atšakos Radvilų giminės kapavietėje Dubingiuose 1577–1627 metais palaidoti (arba perlaidoti) šie kunigaikščių Radvilų giminės nariai:

1) 1577 m. – Mikalojus Radvila[3] (1575–1577);
2) 1578 m. – Ana Sobkovna–Radvilienė[4] (mirė 1578);
3) 1583 m. – Elena Hlebavičiūtė[5] (mirė 1583);
4) 1588 m. – Mikalojus Radvila Rudasis (1512–1584);
5) 1590 m. – Mikalojus Radvila[6] (apie 1546–1589);
6) 1621 m. – Jonušas Radvila[7] (1579–1620);
7) 1627 m. – Mikalojus Radvila Juodasis (1515–1565);
8) 1627 m. – Elžbieta Šidlovecka (1533–1562).

2004 m. liepą rastus palaikus buvo nutarta išsamiai ištirti ir identifikuoti. Šiam darbui buvo suburti archeologai, istorikai, menotyrininkai, medikai, teismo genetikai. Reikėjo surinkti visus identifikacijai bent kokios reikšmės turinčius istorinius duomenis[8], nuodugniai ištirti palaikus ir nustatyti palaidotųjų tapatybę. Trūko duomenų, todėl Radvilų portretų analizė turėjo ypatingos reikšmės palaikų identifikacijai (Račiūnaitė 2006).

Istoriniai ir ikonografiniai[9] identifikacijos duomenys

Mikalojus Radvila[3] – jokių duomenų, išskyrus amžių (mirė būdamas dvejų metų), istoriniuose šaltiniuose nerasta.

Rimvydo Laužiko nuotrauka

1 pav. Bendras perlaidojimo vaizdas.

[1] LDK valstybės, karo ir reformacijos veikėjas. LDK lauko etmonas (1553–1561 m.), didysis etmonas (1561–1565 m. ir 1579–1584 m.), kancleris (1565–1579 m.) ir Vilniaus vaivada (1565–1584).

[2] Didžiojo kunigaikščio rūmų maršalka (1542–1550 m.), LDK kancleris (1550–1565 m.), Vilniaus vaivada (1551–1556 m.), LDK vietininkas Livonijoje (1561–1565 m.).

[3] Mikalojaus Radvilos Rudojo vaikaitis.

[4] Kristupo Radvilos Perkūno pirmoji žmona.

[5] Mikalojaus Radvilos (Mikalojaus Radvilos Rudojo sūnaus) žmona.

[6] Mikalojaus Radvilos Rudojo sūnus, LDK medžioklis ir Naugarduko vaivada.

[7] Mikalojaus Radvilos Rudojo vaikaitis, LDK taurininkas, Vilniaus kaštelionas, Kristupo Radvilos Perkūno ir antrosios žmonos Kotrynos Ostrogiškaitės vyriausias sūnus.

[8] Lietuvos ir Lenkijos archyvuose buvo renkami duomenys apie Radvilų sveikatą, Dubingių piliavietę, Radvilų laidojimą.

[9] Ikonografija – istorijos šaka, tirianti tapybos, grafikos kūrinius, nuotraukas, kino dokumentus, susijusius su kokia nors tema, asmeniu, vieta, įvykiu.

Ana Sobkovna–Radvilienė – jokių tapatybei nustatyti reikšmingų istorinių duomenų nerasta (nežinomas net jos amžius). Išlikusi tik jos portreto kopijos kopija.

Elena Hlebavičiūtė – jokių tapatybei nustatyti reikšmingų istorinių duomenų (nežinomas net jos amžius), portretų nerasta.

Mikalojus Radvila Rudasis – specifinių identifikacijos duomenų, išskyrus amžių (70 metų, o galbūt ir daugiau), nėra, o apie sveikatos sutrikimus, galėjusius palikti pėdsakų kauluose, nieko nežinoma. Portretuose vaizduojamas žilabarzdis senyvas vyras siauru liesu veidu ir ilga tiesia nosimi (2 pav.).

Mikalojus Radvila[6] – išskyrus amžių ir lytį (43 metų vyras), kiti tapatybės nustatymui svarbūs duomenys nežinomi. Išliko vienas Mikalojaus Radvilos portretas, kuriame pavaizduotas stebėtinai į tėvą panašus vyriškis.

Jonušas Radvila – archyvų duomenys, galintys turėti reikšmės identifikacijai, skurdūs, nespecifiniai. Tačiau Jonušo Radvilos ikonografinių duomenų išliko daugiausia iš visų Dubingiuose palaidotųjų. Ankstyviausią ir vieną autentiškiausių jo atvaizdų sukūrė J. fon Heidenas (Heyden), greičiausiai Jonušui būnant Strasbūre (3 pav.).

Mikalojus Radvila Juodasis – istoriniuose šaltiniuose rasta daug žinių apie jo sveikatą. Mikalojus Radvila Juodasis sirgo dantų ligomis, gali būti, kad jam prieš mirtį iškrito dantys. Sveikata skundėsi jau nuo 32 metų, greičiausiai dėl judėjimo aparato sutrikimų (mini podagrą). Paskutinėmis gyvenimo dienomis dėl skausmų visame kūne jam buvo sunku netgi pakilti iš patalo, todėl „(...) išgirdęs, kad vienas iš namiškių nuo kitos ligos sukeltų kančių išsigydė išsitepęs gyvsidabriu, paliepė panašų tepalą jam paruošti, nepaisydamas visų gydytojų valios (...) pats sau išsitrynė ne tik sąnarius ir gyslas, bet ir galvą“ (Jasnowski 1939). Podagra dar vadinama karalių liga, nes buvo siejama su aukštuomene ir jos gyvenimo būdu (labai gera mityba, maiste daug gyvūninių baltymų), žinoma nuo antikos laikų. Deja, šios ligos tuo metu neskyrė nuo kitų sąnarių ligų (kuo ji skiriasi nuo reumato, nustatyta tik XVII a.). Todėl nežinia, ar Mikalojus Radvila Juodasis silpnai jautėsi ir kentė viso kūno skausmus dėl podagros. Taip pat nežinoma, ar jis nuolat naudojo gyvsidabrio tepalą – žinoma, kad juo išsitepė prieš mirtį. Vadinasi, tiriant penkiasdešimtmečio vyro palaikus galima nustatyti dantų ligas ar kad dantys iškrito prieš mirtį, sąnarių ligas, DISH[10] požymius, didelį gyvsidabrio kiekį kauluose. Žinomi bent keturi Mikalojaus Radvilos Juodojo portretai – ankstyviausias ir, manoma, vienas autentiškiausių – J. Dešlerio (Deschler) sukurtas portretinis medalis. Juose pastebimi Mikalojaus Radvilos Juodajo bruožai: apkūnumas (gali būti, kad sirgo cukriniu diabetu), aukšta kakta ryškiais gumburais, didelės apskritos akys, platus veidas, priplota nosis (4 pav.).

Elžbieta Šidlovecka-Radvilienė tekėdama už Mikalojaus Radvilos Juodojo buvo penkiolikos metų. Per 14 metų ir 4 mėnesius bendro gyvenimo Radviloms gimė devyni vaikai. Mirė 29 metų. Žinios apie trumpą jos gyvenimą ir daugybę gimdymų (turėtų atsispindėti dubenkauliuose) gali palengvinti identifikaciją (Ullrich 1975). Žinomi du Elžbietos Šidloveckos-Radvilienės portretai – juose išsiskiria stamboka nosis, didelės migdolo formos akys (5 pav.).

Antropologiniai duomenys

Pradiniai antropologiniai tyrimai patvirtino archeologų prielaidą, kad kape rasti išskirtinių žmonių palaikai, laikyti kriptose ar sarkofaguose, nes ant daugelio kaukolių aptiktos graužikų dantų žymės liudija, kad palaikai kurį laiką buvo palaidoti ne žemėje (Haglund 1992, 1996). Kitos Dubingių bažnyčioje rastos kaukolės ar kaulai tokių žymių neturėjo. Nustatyta, kad palaikai yra mažiausiai aštuonių asmenų: vieno 30–40 metų vyro, dviejų 40–50 metų vyrų, dviejų vyresnių nei 50 metų vyrų, vienos 30–40 metų moters, vienos 40–50 metų moters, vieno nenustatytos lyties ir amžiaus asmens. Įvertinta atsitiktinio lyties ir amžiaus derinio tikimybė, t. y. kad atsitiktinai parinkus septynis Dubingių bažnyčioje ir apie ją palaidotuosius bus gautas toks pats derinys[11]. Nustatyta, kad tokia tikimybė labai maža – maždaug 1 iš 1000.

Kiti identifikacijai reikšmės galintys turėti duomenys:

1. Kaukolių siūlių sukaulėjimas (kai kurių kaukolių siūlės beveik visiškai sukaulėjusios – tai liudytų vyresnį amžių) nesutampa su dantų nudilimu (labai mažai nudilę dantys atitiktų jauną amžių arba maitinimąsi gerai apdorotu ir mėsišku maistu; pastarąją prielaidą patvirtintų ir dantų akmenys).
2. Vienos moters (apie 30 metų) dubenkauliuose rasta daugybės gimdymų žymių. Gal tai Elžbietos Šidloveckos-Radvilienės palaikai?
3. Vieno vyro dubenkaulių ir šlaunikaulių pokyčiai būdingi įsisenėjusiai klubų sąnarių osteoartrozei.

[10] Difuzinė idiopatinė skeleto hiperostozė (DISH) – skeleto ir sąnarių liga, pasireiškianti stuburo raiščių bei sausgyslių ir raiščių prisitvirtinimo prie kaulų vietų sukalkėjimu ir sukaulėjimu.

[11] Dėkojame Vilniaus universiteto Matematinės statistikos katedros docentui dr. Vytautui Kazakevičiui už atliktus skaičiavimus.

2 pav. Mikalojaus Radvilos Rudojo portretas (nežinomo autoriaus XVII a. vidurio piešinys pagal XVI a. vidurio portretą, 336 mm × 282 mm, popierius, tušas, plunksnelė, Sankt Peterburgas, Ermitažas).

3 pav. Jonušo Radvilos portretas (autorius J. fon Heidenas (J. von Heyden), 395 mm × 265 mm, vario raižinys, 1609–1610 m., Sankt Peterburgas, Ermitažas, Varšuvos nacionalinė biblioteka).

a

b

4 pav. Mikalojaus Radvilos Juodojo portretai (a – nežinomo autoriaus XVII a. vidurio piešinys pagal XVI a. vidurio portretą, 336 mm × 282 mm, popierius, tušas, plunksnelė, Sankt Peterburgas, Ermitažas; b – autorius J. Dešleris (Deschler), medalis, 1563).

4. Bent vienas vyras sirgo DISH (liga jau buvo įsisenėjusi; Resnick, Niwayama 1983), neretai siejama su antrojo tipo cukriniu diabetu, kurį dažniausiai sukelia nutukimas (Coaccioli et al. 2000). Gal tai Mikalojaus Radvilos Juodojo palaikai?

Visa tai – amžiaus ir lyties derinys, perlaidojimo požymiai, gero ir gausaus maitinimosi ženklai – nebūdinga paprastiems to meto gyventojams, todėl patvirtino spėjimą, kad archeologų rasti palaikai gali būti Radvilų.

Vėliau rastos kaukolės buvo palygintos su visais turimais menotyrininkų duomenimis, autentiškiausiais portretais. Tačiau šiuolaikinėje teismo antropologijoje kaukolės ir portreto palyginimo teigiamais rezultatais tapatybė neįrodoma, tokie tyrimai dažniau naudojami tapatybei atmesti. Tokiu tapatybės atmetimo metodu (fotografijų ir kaukolių lyginimo) vadovavosi ekspertų grupė Rusijos caro Nikolajaus II šeimos palaikams identifikuoti (Kolesnikov et al. 2001). Vis dėlto, atsižvelgiant į sukauptą praktinio darbo patirtį (identifikuota kelios dešimtys Tuskulėnų parke užkastų pokario represijų aukų; Jankauskas et al. 2005), nuspręsta tokio darbo imtis. Buvo vertinama, ar sutampa kaukolių ir portretų detalės – tarpakis, kakta, nosies nugarėlė, nosies dydis, skruostai, akiduobės, burnos padėtis, forma ir aukštis, išorinė klausomoji landa, antakiai. Kas gi nustatyta?

5 pav. Elžbietos Šidloveckos-Radvilienės portretas (nežinomo autoriaus XVII a. vid. piešinys pagal XVI a. portretą, 334 mm × 280 mm, popierius, tušas, plunksnelė, Sankt Peterburgas, Ermitažas).

Kaukolė nr. 1. Tikėtina, kad kaukolė yra Elžbietos Šidloveckos-Radvilienės: palyginimo su portretais rezultatas patenkinamas (iš esmės sutampa viso veido proporcijos; 6 pav.). Kaukolės biologinis amžius (27–43 metai) patvirtina šią galimybę. Atmesta hipotezė, kad ši kaukolė yra Anos Sobkovnos-Radvilienės.

Kaukolė nr. 2. Viršugalvyje rasta 51 mm × 9 mm dydžio sugijusi paviršinė kirstinė žaizda, ties kairiuoju momens gumburu – apie 15 mm × 15 mm dydžio sugijusi įspaustinė žaizdelė. Palyginus su žinomais portretais nenustatyta, kam priklauso ši kaukolė. Be to, istoriniuose šaltiniuose neminima, kad bent vienas iš Dubingiuose palaidotų Radvilų turėjo galvos traumų.

Kaukolė nr. 3. Apibendrinus kaukolės ir portretų palyginimo rezultatus bei įvertinus kaukolės biologinį amžių (daugiau kaip 55 m.), padaryta prielaida, kad ji gali būti Mikalojaus Radvilos Rudojo.

Kaukolė nr. 4 gali būti Anos Sobkovnos-Radvilienės: šios kaukolės biologinis amžius (apie 44 m.) didesnis negu Elžbietos Šidloveckos-Radvilienės. Kaukolės anatominiai taškai geriau sutampa (nesutapimai galimi dėl portreto netikslumų) su Anos Sobkovnos-Radvilienės portretu, negu su Elžbietos Šidloveckos-Radvilienės.

Kaukolė nr. 5. Labai didelė tikimybė, kad ši kaukolė yra Jonušo Radvilos: patenkinami palyginimo su portretais rezultatai (7 pav.). Atmesta hipotezė, kad ši kaukolė gali būti kitų Radvilų.

Kaukolė nr. 6. Galima manyti, kad kaukolė yra Mikalojaus Radvilos Juodojo: jo portretai ir kaukolės anatominiai taškai sutapo geriausiai (8 pav.). Atmesta hipotezė, kad ši kaukolė gali būti kitų Radvilų.

Kaukolė nr. 7. Tikėtina, kad ši kaukolė yra Mikalojaus Radvilos (Rudojo sūnaus): atmesta galimybė, kad ji gali būti kitų Radvilų, o palyginimo su portretu rezultatai patenkinami.

Cheminiai tyrimai

Iš istorinių duomenų daug sužinota apie Mikalojaus Radvilos Juodojo sveikatą, todėl galima buvo tikėtis penkiasdešimtmečio vyro kauluose aptikti nemažai gyvsidabrio dėl naudotų šio metalo tepalų. Todėl Higienos instituto Cheminių veiksnių tyrimo laboratorijoje buvo tirta sunkiųjų metalų (gyvsidabrio, arseno, švino) koncentracija kauluose. Tirti visų šlaunikaulių mėginiai, bet nė viename nenustatytas didelis gyvsidabrio kiekis. Vadinasi, nė vienas iš palaidotųjų nebuvo apsinuodijęs gyvsidabriu.

Taigi šie tyrimai ir išsami istorinių duomenų analizė leidžia manyti, kad Mikalojus Radvila Juodasis mirė ne apsinuodijęs gyvsidabriu: ūmūs skausmai visame kūne šiam apsinuodijimui nėra būdingi, o apsinuodijimo gyvsidabriu simptomai istoriniuose šaltiniuose neminimi.

6 pav. Kaukolė nr. 1, palyginta su E. Šidloveckos-Radvilienės portretu.

7 pav. Kaukolė nr. 5, palyginta su Jonušo Radvilos portretu.

Sigito Abručio iliustracijos

8 pav. Kaukolė nr. 6, palyginta su Mikalojaus Radvilos Juodojo portretu.

DNR tyrimai

Galutinai ir tiksliausiai identifikuoti žmogaus palaikus galima iš jų išskirtą DNR lyginant su artimiausių kraujo giminaičių DNR. Tokie tyrimai buvo atlikti šiems palaikams identifikuoti.

Išskirti tokio senumo DNR labai sudėtinga – ji gali degraduoti, būti užteršta pašaline DNR, todėl įrodyti, kad išskirta DNR tikrai autentiška, dažnai beveik neįmanoma (Cooper, Poinar 2000; Gilbert et al. 2005). Šiuolaikinės technologijos leidžia iš archeologinės medžiagos išskirti mitochondrinę DNR (mtDNR), pagal kurią galima nustatyti giminystę motinos linija. Tačiau net jei visų palaikų mtDNR pavyktų išskirti ir ištirti, giminystę įrodyti būtų labai sunku. Radvilų giminystė eina vyriškąja linija, todėl jei nėra bendrų motinų ir močiučių DNR, vienintelis asmuo, kurio giminystę su žinomais bendraamžiais Barboros Radvilaitės palaikais būtų galima patvirtinti (nors ir ne 100 proc.), yra jos brolis Mikalojus Radvila Rudasis, turintis tokią pačią mtDNR. Visų kitų Dubingiuose palaidotųjų giminystės su Barbora Radvilaite atsekti genetiškai neįmanoma, nes nėra bendrų motinų ir močiučių. Vyrų tarpusavio giminystę galima įrodyti ištyrus Y chromosomą, todėl bandyta ją išskirti iš kaukolių ir dantų bei palyginti Y chromosomos pavienių nukleotidų polimorfizmą[12] (*Single-nucleotide polymorphism*, SNP) – tai dabartinėje teismo genetikoje taikoma dviejų Y chromosomos turėtojų (vyrų) giminystei nustatyti.

Vroclavo medicinos akademijoje (Lenkija) taikant originalią metodiką[13] iš dantų buvo išskirta mtDNR. Ji išskirta tik iš kaukolių nr. 1 ir 5, o iš kaukolės nr. 4 išskirtos mtDNR tyrimo rezultatai abejotini. Tyrimo rezultatai rodo, kad asmenys, kurių kaukolės nr. 1 ir 5, motinos linija nėra giminės, asmuo, kurio kaukolė nr. 4, – greičiausiai taip pat. Be to, tiriant mtDNR, tiesioginės giminystės su dabar Lenkijoje gyvenančiais Radvilų palikuonimis moteriškąja linija nenustatyta. Tiriant giminystę pagal vyriškąją liniją (Y chromosomos pavienių nukleotidų polimorfizmą), pakankamai medžiagos gauta tik iš kaukolės nr. 7, mažiau – iš kaukolės nr. 3. Neabejotina, kad tai vyrų palaikai. Iš aštuonių lyginamų (iš abiejų palaikų išskirtų) lokusų[14] sutampa septyni, skirtumas tik vieno (p25) lokuso: asmens, kurio kaukolė nr. 3, – C, asmens, kurio kaukolė nr. 7, – CA. Tai gali būti DNR atsitiktinė taškinė mutacija. Literatūroje nurodoma, kad šis žymuo nėra patikimas (Adams et al. 2006). Deja, galutinei išvadai DNR duomenų nepakanka – reikia bent 20 lokusų.

Tokie duomenys nepaneigia po antropologinių tyrimų iškeltos prielaidos, kad kaukolė nr. 3 gali būti Mikalojaus Radvilos Rudojo, o kaukolė nr. 7 – Mikalojaus Radvilos (Rudojo sūnaus). Prieš perlaidojant paimti papildomi mėginiai tolesniems tyrimams.

Apibendrinus visus turimus archeologinių, istorinių, ikonografinių, antropologinių ir kitų tyrimų duomenis galima teigti, jog grupiniame kape, atrastame 2004 m. liepą Dubingių piliavietėje atidengus buvusios XVII a. evangelikų reformatų bažnyčios centrinę dalį, buvo rasti Radvilų giminės atstovų palaikai. Šie palaikai iškilmingai perlaidoti Dubingių piliavietėje naujai įrengtoje kapavietėje.

[12] Pavienių nukleotidų polimorfizmas – DNR sekos variacija, kai genome (tarp rūšių ar tarp individų) skiriasi tik vienas nukleotidas. Pavyzdžiui, iš dviejų individų išskirti DNR fragmentai AAGC**C**TA ir AAGC**T**TA skiriasi tik vienu nukleotidu (viename C, kitame T).

[13] Mėginys imamas iš danties pulpos, todėl išoriškai dantis nepažeidžiamas.

[14] Lokusas – specifinė geno ar DNR sekos vieta chromosomoje.

Literatūra

Adams S. M., King T. E., Bosch E., Jobling M. A. 2006, The case of the unreliable SNP: recurrent back-mutation of Y-chromosomal marker P25 through gene conversion. *Forensic Science International*, 159 (1), 14–20.

Coaccioli S., Fatati G., Di Cato L. et al. 2000, Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis in diabetes mellitus, impaired glucose tolerance and obesity. *Panminerva Medica*, 42 (4), 247–251.

Cooper A., Poinar H. N. 2000, Ancient DNA: Do It Right or Not at All. *Science*, 289, 1139.

Gilbert M. T. P., Bandelt H. J., Hofreiter M., Barnes I. 2005, Assessing ancient DNA studies. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 20 (10), 541–544.

Haglund W. D. 1992, Contribution of Rodents to Postmortem Artifacts of Bone and Soft Tissue. *Journal of Forensic Sciences*, 37 (6), 1459–1465.

Haglund W. D. 1996, Rodents and Human Remains. In Haglund W. D., Sorg M. (eds.), *Forensic Taphonomy: The Fate of Human Remains*, New York: CPR Press, 405–414.

Jankauskas R., Barkus A., Urbanavičius V., Garmus A. 2005, Forensic archaeology in Lithuania: the Tuskulėnai mass grave. *Acta Medica Lituanica*, 12 (1), 70–74.

Jasnowski J., *Mikolaj Czarny Radziwill (1515–1565). Kanclerz i marszalek ziemski Wielkiego Księstwa Litewskiego, wojewoda wileński*, Warszawa, 1939.

Kolesnikov L. L., Pashinyan G. A., Abramov S. S. 2001, Anatomical Appraisal of the Skulls and Teeth Associated with the family of Tsar Nicolay Romanov. *The Anatomical Record*, 265 (1), 15–32.

Račiūnaitė T., *Radvilų portretai: dailėtyrinių tyrimų medžiaga*. Rankraštis, 2006.

Resnick D., Niwayama G. 1983, Entheses and enthesopathy. Anatomical, pathological, and radiological correlation. *Radiology*, 146 (1), 1–9.

Ullrich H. 1975, Estimation of Fertility by means of Pregnancy and Childbirth Alterations at the Pubis, the Ilium, and the Sacrum. *Ossa*, 2 (1), 23–39.

Žemė dreba ir drebės... net ir Lietuvoje

Gediminas Motuza

Nakvojome pačiame Atakamos dykumos viduryje, seniai užgesusio ugnikalnio pašlaitėje. Tą naktį staiga atsibudau, tarsi kažkieno supurtytas. Įsiklausiau: buvo tylu, kaip visada Atakamoje ramiu oru. Tik aukštai ugnikalnio šlaite pasigirdo griūties grumėjimas. Išgirdau nubudusių bendražygių balsus gretimoje palapinėje. Supratome, kad mus pažadino žemėdreba – virpesiai, sukelti giliai po mumis į gelmes besispraudžiančios Naskos plokštės[1].

[1] Vandenyno litosferos plokštė Ramiojo vandenyno rytinėje dalyje.

Himalajų viršukalnės

Vadim Sedenko nuotrauka

Kodėl žemė dreba?

Žemės drebėjimas, arba žemėdreba, yra virpesiai, susidarantys Žemės gelmėse ar paviršiuje, sklindant seisminėms bangoms. Šios bangos sklinda kelių kilometrų per sekundę greičiu. Jos susidaro nuo smūgio – staigaus uolienų klodų pajudėjimo. Daugiausia tai atsitinka litosferos plokščių pakraščiuose. O litosfera yra viršutinis kietas ir trapus Žemės sluoksnis, kurio storis po žemynais yra 150–300 km. Ji yra suskeldėjusi įvairaus dydžio gabalais, vadinamais litosferos plokštėmis. Jos nuolat slenka įvairiomis kryptimis, susiduria, nyra viena po kita, užslenka viena ant kitos arba trinasi viena į kitą ar tiesiog spaudžia ir gurina viena kitos pakraštį. Sandūros vietose susidaro didelis slėgis, kurio veikiamos plokštės pakraščio uolienos susispaudžia – deformuojasi (ši deformacija yra tamprioji, t. y. išnykus slėgiui uolienų klodas siekia grįžti į buvusią padėtį). Jei plokštės per metus paslenka keletą centimetrų, tai per šimtą metų jos susispaudžia per kelis metrus. Ateina laikas, kai slėgis viršija spaudžiamos uolienų storymės atsparumą, joje susidaro įtrūkis, pagal kurį storymės dalys atskyla ir staigiai pasislenka į viršų ar į šoną tuos kelis metrus.

Kiek kitaip būna gilumoje – nyrančios ir dengiančios plokštės sąlyčio paviršiuje. Čia plokštės trinasi viena į kitą, todėl slenka netolygiai. Atlikite paprastą bandymą – smarkiai prispauskite pirštą prie stalo paviršiaus ir stumkite į priekį. Pirštas judės trūkčiodamas, net tratėdamas. Kažkas panašaus vyksta ir gilumoje, nyrant plokštei. Ji irgi slenka trūkčiodama dėl trinties į dengiančiąją plokštę.

Toldamos viena nuo kitos plokštės slenka netolygiai, vienos jų dalys greičiau, kitos – lėčiau, kliūdamos už nelygumų gilumoje. Dėl to plokštėse susidaro įtempiai, greičiau slenkantys blokai atitrūksta nuo atsiliekančių ir pasislenka jų atžvilgiu. Visais minėtais atvejais poslinkiai gali būti labai staigūs, kaip smūgiai. Jų metu plutoje ar mantijoje ir pasklinda seisminės bangos – įvyksta žemėdreba.

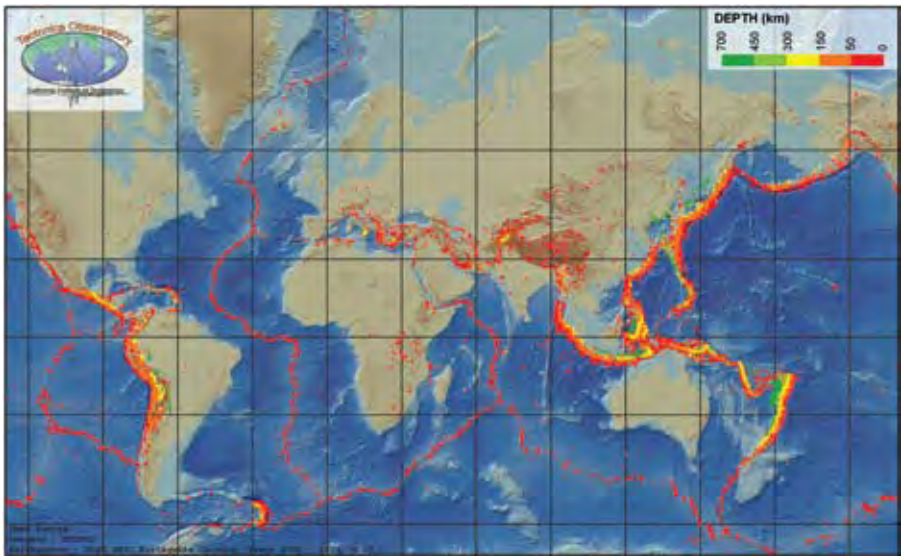
Žemė sudreba ne tik plokščių pakraščiuose, bet ir jų vidurinėse dalyse, – net ir tokių didelių plokščių, kaip Šiaurės Amerikos, Afrikos ar Eurazijos. Joms slenkant irgi susidaro įtempiai, nes plokštės nevienalytės, jų storis ir sandara atskirose vietose skiriasi, nevienodas ir pagrindas, kuriuo plokštės slenka. Be to, jos susiduria su kitomis plokštėmis. Todėl kai kurios plokščių dalys slenka nevienodu greičiu, o kartais ir skirtingomis kryptimis. Dėl susidarančių įtempių ir čia galimi staigūs atskirų plokštės dalių (blokų) poslinkiai. O tie poslinkiai dažniausi senų lūžių vietose. Žemėdrebos kyla ir vertikalių Žemės plutos judesių metu, kurie nuolat vyksta žemynuose dėl įvairių priežasčių. Tai gali būti spaudimas susiduriant plokštėms, persiduodantis nuo jų pakraščių, o gali būti ir tempimas dėl po litosfera iškilusių karštos medžiagos srautų – pliumų. Be to, žemėdrebas gali sukelti ir kiti, „smulkesni“ geologiniai vyksmai – magmos judėjimas gelmėse, sprogimai per vulkanų išsiveržimus, kosminių kūnų smūgiai, vandens ištirpintų (karstinių) požeminių ertmių skliautų įgriuvimas, didelės nuošliaužos ir žmogaus sukelti sprogimai.

Iš šios apžvalgos matyti, kad žemė gali sudrebėti daug kur ir įvairiu metu. Kuo ilgiau kaupiasi įtempis ir kuo stipresnė jėga spaudžia uolienų storymę, kuo didesnė jos tamprioji deformacija, tuo staigiau įvyksta poslinkis ir tuo žemėdreba stipresnė. Tai priklauso nuo storymės sandaros, jos uolienų fizinių savybių, temperatūros, veikiančių jėgų krypties, plokščių sąlyčio ir lūžių paviršiaus nelygumų bei daugelio kitų veiksnių. O plokščių sandūros ruožai yra šimtų kilometrų pločio ir tęsiasi tūkstančius kilometrų. Todėl suprantama, kad tikslią žemėdrebos vietą, jos laiką ir stiprumą numatyti labai sunku ir kol kas nepavyksta.

Kur žemė dreba dažniausiai?

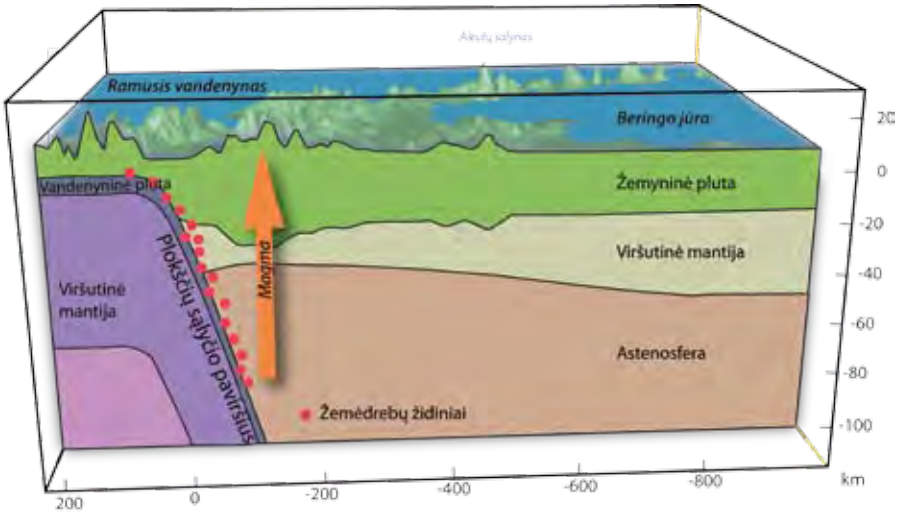
Jei pažiūrėsime žemėdrebų paplitimo žemėlapį (1 pav.), pamatysime, kad daugiausia jų židinių yra Ramiojo vandenyno pakraščiais. Tai todėl, kad čia visur nuo Ugnies Žemės iki Aliaskos ir nuo Aleutų salų iki Naujosios Zelandijos tęsiasi litosferos plokščių sandūros ruožai, kuriuose vienos plokštės nyra po kitomis. Paveikslėle spalvomis parodytas židinių gylis, aiškus dėsningumas – kuo toliau nuo panirimo vietos, tuo giliau yra žemėdrebos židiniai, atsekami iki 720 km gylio. Minėtas žemėdrebų židinių išsidėstymo dėsningumas gerai matomas pjūvyje per Aleutų vulkaninį salyną (2 pav.), kur Ramiojo vandenyno plokštė nyra po Šiaurės Amerikos plokšte. Čia matyti ir kitas reiškinys – maždaug nuo 100 iki 150 km gylio žemėdrebų židinių sumažėja. Jos čia nebesusidaro todėl, kad nuo šio gylio plokščių uolienos ima lydytis, o magma veikia tarsi tepalas, mažinantis trintį tarp plokščių.

Kitas dažnų žemėdrebų ruožas tęsiasi pietiniu Eurazijos pakraščiu, nuo Himalajų iki Pirėnų. Tai irgi plokščių sandūros ruožas, tik čia sandūra jau baigiasi. Į Azijos „papilvę“ įsirėmė Indijos, Arabijos plokštės, Europą spaudžia Afrika. Plokštės čia susiduria žemyniniais pakraščiais, todėl nebenyra viena po kita (išskyrus siaurą ruožą ties Italija). Bet jos tebespaudžia viena kitą, jų pakraščiai eižėja didžiuliais luistais, kurie trūkčiodami slenka aukštyn ir į šonus. Taip čia iškilo Himalajai, Irano, Kaukazo, Turkijos kalnynai, Balkanai ir Alpės. Todėl tai viena seismingiausių pasaulio juostų. Atkreipkite dėmesį, kad žemėdrebų židiniai čia ne tokie gilūs kaip plokščių ni-



Kalifornijos technologijos universiteto Tektonikos observatorija, parengė Lisa Christiansen

1 pav. 2000–2008 įvykusių žemėdrebų žemėlapis.



2 pav. Pjūvis per Aleutų vulkaninių salų lanką iš pietų į šiaurę. Matyti Ramiojo vandenyno litosferos plokštė, nyranti po Šiaurės Amerikos plokšte; horizontaliojoje ir vertikaliojoje ašyse nurodytas pjūvio plotis ir gylis kilometrais (parengta pagal Saltus, Barnett 2000).

rimo vietose, dažniausiai iki 50 km (1 pav., pažymėti raudona spalva).

Žemynų vidinės dalys, esančios toli nuo aktyviųjų plokščių pakraščių, laikomos neseisminiais rajonais. Žemėdrebų čia tikrai nedaug, bet vis dėlto pasitaiko, o kai kuriose vietose netgi labai dažnai. Viena tokių – Baikalo įduba. Garsusis Baikalo ežeras susidarė plyšyje, toje vietoje, kur Azijos litosfera įskilo spaudžiant Indijos plokštei. Ligi šiol čia vyksta poslinkiai, vertikalus blokų judėjimas, lydimas žemėdrebų, ypač dažnų šiaurinėje Baikalo dalyje. Ramiose žemynų vietose vyksta ir izostazinės žemėdrebos. Tokios kilmės žemėdrebų ir dabar būna Suomijoje ir Švedijoje, o jos kyla dėl čia buvusio ledyno. Tiesa, jis jau seniai ištirpo, bet kol dengė šiaurinę Europą, savo svoriu įspaudė jos plutą, tiksliau, visą litosferą gilyn. Ledynui ištirpus paviršius apledėjimo centre vis dar kyla, grįždamas į ankstesnę padėtį. Tai vadinamasis izostazijos reiškinys[1]. Jis irgi vyksta ne visai sklandžiai, su trūkčiojimais, kurie sukelia žemėdrebas, nors ir nestiprias. Nustatyta, kad Švedijoje poledynmečiu per pastaruosius 10 tūkstančių metų įvyko bent 45 žemėdrebos.

Žemėdrebų įvyksta ir dėl žmogaus veiklos, daugiausia dėl sprogdinimų. Jos palyginti nestiprios, bet seisminės stotys jas užrašo. Didelių kasyklų, karjerų vietose žemės drebėjimus sukelia pusiausvyros pažeidimai. Kai iškasamas didelis kiekis uolienų, pluta palengvėja ir pradeda kilti. Tai sukelia įtampas plutoje ir žemėdrebas. Tokių įvykių buvo Soligorsko apylinkėse, Baltarusijoje, kur kasama druska, Kolos pusiasalyje, Chibinuose, kur kalnų viršūnėse yra didžiuliai apatito karjerai.

Žemėdrebos susidaro ir eksploatuojant vandens, dujų, naftos telkinius, taip pat didelėse hidroelektrinių vandens kaupyklose. Susikaupęs vanduo savo svoriu sukelia įtampas plutoje ir jos blokų poslinkius, vietomis labai staigius. Pavyzdžiui, 1975 m. Orovilo (Oroville, JAV) elektrinės vandens saugykloje įvyko net 5,7 stiprumo žemėdreba.

Kaip išmatuoti žemėdrebą

Žemėdrebų stiprumas matuojamas prietaisais pagal išsiskiriančios energijos kiekį arba vertinamas pagal padarinius sąlyginiais balais.

Italų seismologas Džiuzepė Merkalis (G. Mercalli, 1850–1915) 1902 metais pasiūlė vertinti žemėdrebas pagal jų padarinius, remiantis tokiais požymiais kaip žmonių ir gyvūnų elgesys, sugriovimo mastas, žemės paviršiaus įtrūkimai. Merkalio skalėje stiprumas vertinamas balais pagal sudarytą požymių lentelę. Balai žymimi romėniškaisiais skaičiais, kurių didžiausias yra XII. Vėliau ši skalė buvo tobulinama, tikslinami ir papildomi žemėdrebų vertinimo požymiai.

Tikslesnį, instrumentinį, žemėdrebų matavimo būdą 1935 metais pasiūlė Kalifornijos universiteto profesorius Čarlzas Richteris (Ch. Richter) ir Benas Gutenbergas (B. Gutenberg). Žemės drebėjimo stiprumas matuojamas seismometru. Tai prietaisas, reaguojantis į Žemės paviršiaus svyravimus rodyklės nuokrypiu. Kuo stipresnė seisminė banga pasiekia seismometrą, tuo labiau nukrypsta prietaiso rodyklė. Taigi, Č. Richteris pasiūlė vertinti žemėdrebų stiprumą pagal didžiausią seisminės bangos stiprumą (amplitudę), kurią atitinka ir didžiausias seismografo rodyklės nuokrypis. Matuojama tam tikros konstrukcijos seismografu, esančiu už 100 kilometrų nuo drebėjimo epicentro. Tikrovėje atstumas gali būti ir kitoks, bet seismografo rodmenys perskaičiuojami 100 km atstumui. Paviršiaus svyravimo dydis, lemiantis rodyklės nuokrypius, siejamas ir su žemėdrebos metu išsiskiriančia energija. Pavyzdžiui, įvykus 6,5 stiprumo pagal Richterį žemėdrebai, išsiskiria apie 10^{14} džaulių energijos. Tai maždaug tiek, kiek jos išsiskyrė sprogus atominei bombai virš Hirosimos. Richterio skalė neturi nustatytos viršutinės ribos, bet, manoma, žemėdrebų, stipresnių negu 8,9, negali būti, nes teoriškai įtempiai, reikalingi stipresnėms žemėdreboms, litosferoje dėl jos fizinių savybių susidaryti negali. 8,9 stiprumo žemėdrebos energija prilyginama 3 mlrd. tonų trotilo sprogimo energijai. Laimei, tokių įvykių tikimybė yra maždaug 3 per šimtą metų. Stipriausia žemėdreba įvyko 1960 metais Čilėje. Jos stiprumas pagal Richterį buvo 8,5–8,7.

Tragiški padariniai

Žemės drebėjimai tiek dėl jų tiesioginių, tiek dėl antrinių padarinių yra viena pavojingiausių stichinių nelaimių. Dėl jų kasmet žūsta vidutiniškai apie 10 tūkstančių žmonių, o per 4000 metų galėjo žūti apie 13 milijonų. Be to, sunaikinamas didžiulis materialinis turtas. Tragiškiausiu laikomas žemės drebėjimas, įvykęs Šensi, Kinijoje, 1556 metais, nusinešęs apie 830 tūkstančių gyvybių. 1775 m. žemėdreba sugriovė Portugalijos sostinę Lisaboną, žuvo apie 60 tūkstančių gyventojų. Apie 100 tūkstančių žmonių žuvo per Mesinos žemės drebėjimą Sicilijoje 1908 metais.

Aukų skaičius labai priklauso nuo pastatų atsparumo seisminėms bangoms. Pavyzdžiui, trijų beveik vienodo stiprumo (apie 6,9) žemėdrebų padariniai visiškai skirtingi: 2010 metais Haityje įvykusi žemėdreba nusinešė apie 300 tūkstančių gyvybių, 1988 metais Armėnijoje Spitake – 28 tūkstančius. Tokio pat stiprumo žemėdreba San Francisko apylinkėse 1989 metais pareikalavo 65 aukų (Thompson, Turk 1991).

Žemėdrebos sukeltų katastrofų grėsmę didina pramonės, ypač energetikos, objektai – užtvankos, šiluminės ir branduolinės elektrinės, chemijos pramonės, naftos perdirbimo gamyklos. Augant pramonei, sudėtingėjant ryšio, kelių, elektros tinklų, naftotiekių ir dujotiekių sistemoms, didėjant gyventojų tankiui ir jų priklausomybei nuo viso to, žemėdrebų pavojus ir didesnių nuostolių tikimybė taip pat didėja.

Lietuvos seismingumas

Lietuva yra toli nuo litosferos plokščių aktyviųjų pakraščių, ramiame žemyno viduryje. Nėra ir patikimų liudijimų čia buvus žemėdrebas tolimoje praeityje. Tačiau artimiausiose Lietuvos apylinkėse yra buvę žemės drebėjimų, ir nemenkų (Pačėsa ir kt.

[1] Litosfera slūgso ant plastiško mantijos sluoksnio – astenosferos. Padidėjus litosferos apkrovai (pavyzdžiui, iškilus kalnams ar užslinkus ledynui) astenosfera teka į šonus ir litosfera grimzta gilyn. Kai apkrova sumažėja, astenosfera grįžta į ankstesnę padėtį, o litosfera iškyla – atsikuria pusiausvyra.

Vadim Sedenko nuotrauka

Lūžių suskaldyti uolienų klodai Himalajų kalnuose

2005). Apytikriai 5 stiprumo pagal Richterį žemėdreba įvyko 1908-12-29 naktį netoli Daugpilio. Ji galėjo būti rezonansinė, susijusi su ta, kuri 1908-12-28 dieną sugriovė Mesinos miestą Sicilijoje. Bet tai buvo tik „paleidimo mechanizmas“, o pačios žemėdrebos priežastys vietinės – įtempiai, susikaupę žemės plutoje. Tai patvirtino ir 2004-09-21 įvykusi žemėdreba netoli Primorsko ir Laduškino miestelių Karaliaučiaus srityje. Du smūgiai, kurių stipriausias siekė 5 pagal Richterio skalę, buvo juntami visoje Lietuvoje, o arčiau epicentro skilo namų sienos, deformavosi žemės paviršius, nuošliaužos suardė geležinkelį, buvo pažeisti 1146 pastatai – bendri nuostoliai vertinami maždaug 10 mln. litų.

Šis įvykis aiškinamas tuo, kad ir mūsų regiono pluta yra veikiama įtempių, kurie sukėlė staigius poslinkius rytų–vakarų krypties lūžyje (Pačėsa ir kt. 2005).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto geodezininkai labai tiksliai nustatė pasirinktų taškų (reperių) Lietuvoje padėtį. Po keliolikos metų jie tuos matavimus pakartojo. Paaiškėjo, kad tų taškų padėtis gerokai pasikeitė tiek vertikalia, tiek horizontalia kryptimi. Išryškėjo ir skirtingai judantys litosferos blokai (Zakarevičius et al. 2008). O tai ir yra įtempių plutoje priežastis. Na, o įvairaus amžiaus lūžių mūsų senoje plutoje irgi surasta nemažai – tie seni „randai“ yra vietos, kuriose gali įvykti naujų poslinkių. Taigi yra įtempiai, lūžiai ir istoriniai įvykiai – visos prielaidos naujoms „savoms“ žemėdreboms. Mokslininkai nesitiki, kad jos gali būti stipresnės nei 5–6 pagal Richterį, tačiau pažeidimų ir nuostolių žemėdrebos Lietuvoje gali sukelti ir į tai reikia atsižvelgti.

Ar žemėdrebos dažnėja?

Yra nuomonių, kad pastaruoju metu žemėdrebos dažnėja ir apskritai prasideda gamtinių katastrofų laikotarpis. Kiti prideda, kad dėl to kaltas ir žmogus. Teko girdėti, kad žemėdrebas galima sukelti tyčia. Neva yra net „seisminis ginklas“. Gali būti? Pagal žiniasklaidą, karo veiksmų plotuose, kur dažni sprogimai, padažnėja ir žemėdrebos. Irgi gali būti? Bet ten pat teigiama, kad jos nors ir dažnesnės, bet silpnesnės. Tai reiškia, kad nors žmogus ir gali sukelti žemėdrebą, bet vargu ar gali sukelti naujus įtempius plutoje. Tai dar ne jo nosiai. Juk rimtas žemėdrebas sukelia didelio masto vyksmai, tokie kaip litosferos plokščių slinkimas, mantijos pliumų kilimas. O tai lėti ir ilgalaikiai vyksmai, kurių eigai įvertinti, jos dėsningumams pastebėti reikia daug laiko. Todėl ar žemėdrebos dažnėja, spręskite patys, pasitelkę statistinius duomenis, – pastarųjų dešimtmečių įvairaus stiprumo žemėdrebų dažnio lentelę.

Žemėdrebų skaičius pasaulyje (1970–2010)

Metai	Žemėdrebų skaičius pagal stiprumą (Richterio skalė)					Žuvusiųjų skaičius
	8,0–9,9	7,0–7,9	6,0–6,9	5,0–5,9	5,0–9,9	
1970	0	20	110	1 195	1 325	68 202
1971	1	19	112	1 331	1 463	1 279
1972	0	15	110	1 316	1 441	11 179
1973	0	13	95	1 331	1 439	659
1974	0	14	99	1 312	1 425	5 440
1975	1	14	107	1 447	1 569	12 372
1976	2	15	114	1 649	1 780	697 309
1977	2	11	89	1 686	1 788	2 849
1978	0	16	93	1 526	1 635	15 192
1979	0	13	100	1 366	1 479	1 475
1980	1	13	105	1 299	1 418	8 620
1981	0	13	90	1 168	1 271	5 223
1982	0	10	85	1 425	1 520	3 328
1983	0	14	126	1 673	1 813	2 372
1984	0	8	91	1 579	1 678	174
1985	1	13	110	1 674	1 798	9 846
1986	1	5	89	1 665	1 760	1 068
1987	0	11	112	1 437	1 560	1 080
1988	0	8	93	1 485	1 586	26 552
1989	1	6	79	1 444	1 530	617
1990	0	18	109	1 617	1 744	52 056
1991	0	16	96	1 457	1 569	3 210
1992	0	13	166	1 498	1 677	3 920
1993	0	12	137	1 426	1 575	10 096
1994	2	11	146	1 542	1 701	1 634
1995	2	18	183	1 318	1 521	7 980
1996	1	14	149	1 222	1 386	589
1997	0	16	120	1 113	1 249	3 069
1998	1	11	117	979	1 108	9 430
1999	0	18	116	1 104	1 238	22 662
2000	1	14	146	1 344	1 505	231
2001	1	15	121	1 224	1 361	21 357
2002	0	13	127	1 201	1 341	1 685
2003	1	14	140	1 203	1 358	33 819
2004	2	14	141	1 515	1 672	228 802
2005	1	10	140	1 693	1 844	82 364
2006	2	9	142	1 712	1 865	6 605
2007	4	14	178	2 074	2 270	712
2008	0	12	168	1 768	1 948	88 011
2009	1	16	144	1 895	2 056	1 787
2010	1	21	151	1 944	2 117	226 729

JAV Geologijos tarnybos duomenys; www.johnstonsarchive.net/other/quake1.html

Literatūra

Pačėsa A., Šliaupa S., Satkūnas J. 2005, Naujausi žemės drebėjimai Baltijos regione ir Lietuvos seisminis monitoringas. *Geologija*, 50, 8–18.

Saltus R.W. and Barnett A., *Eastern Aleutian Volcanic Arc Digital Model – Version 1.0*, U.S. Geological Survey Open-File Report 00-0365

Thompson G. R., Turk J., *Modern Physical Geology*, Saunders College Publishing, 1991.

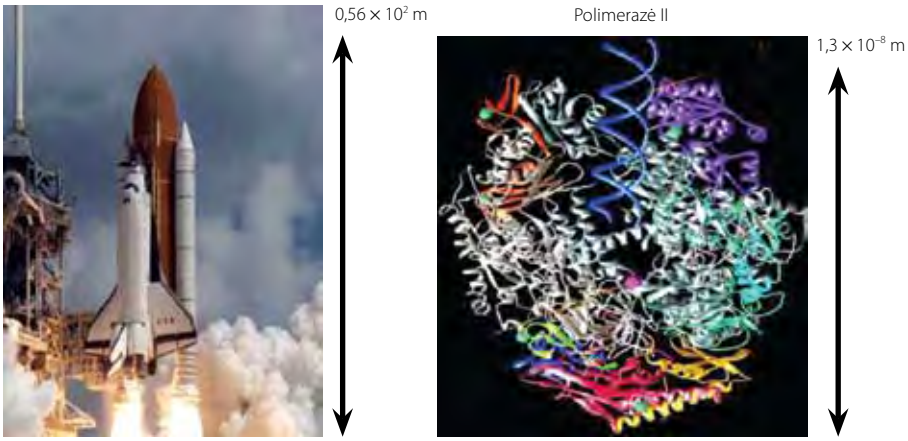
Zakarevičius A., Šliaupa S., Anikėnienė A. et al. 2008, A model of recent vertical movements of the earth's surface in Lithuania: integration of geodetic leveling data and geological parameters. *Geologija*, 4 (64), 254–263.

Molekulinės mašinos

Edita Sužiedėlienė

Visi žinome, kaip atrodo įvairios mašinos ir kokia jų paskirtis. Tai žmogaus sukurti įrenginiai, naudojantys energiją darbui atlikti. Jų yra visokių – ir labai paprastų, ir labai sudėtingų. Gamta ląstelėse sukūrė panašiu principu veikiančias nanometrų dydžio molekulines mašinas, ir neretai dar efektyvesnes už jų makrobrolius. Tik 15 % energijos, gautos sudeginus kurą, panaudojama automobilio judėjimui, o kai kurios ląstelės molekulinės mašinos judėjimui sunaudoja iki 50 % pasigamintos energijos.

Molekulinės mašinos veikia net pačiose paprasčiausiose ląstelėse, tačiau jos nėra visai paprastos molekulės, kokių knibždėte knibžda kiekvienoje ląstelėje. Jos yra baltymų arba baltymų ir ribonukleorūgščių (RNR) kompleksai. Iš kur molekulinės mašinos gauna energijos? Energiją tenka gamintis gana sudėtingu būdu. Daugelio molekulinių mašinų energijos šaltinis yra adenozin-5´-trifosfatas (ATP) – mažos molekulės, sintetinamos kiekvienoje ląstelėje. Nutrūkus cheminiams ryšiams ATP molekulėje, gaunama energija, kurią molekulinės mašinos naudoja naudingam darbui atlikti – žiuželiams judinti, raumenų skaiduloms sutraukti, judėti išilgai matricų[1], supakuoti ir išpakuoti genetinę medžiagą – deoksiribonukleorūgštį (DNR), jos grandinėms atskirti (Browne, Feringa 2006). Molekulinės mašinos veikia kaip propeleriai, jungikliai, nešikliai, žnyplės. Jų bendra savybė – jos juda, arba keičia savo struktūrą, naudodamos cheminę energiją. Perpratę molekulinių mašinų veikimą, galėtume patobulinti ir žmogaus sukurtas mašinas.



1 pav. Mašinų ir nanomašinų dydis ir jų sukuriama jėga (nešančioji raketa – NASA nuotrauka; RNR polimerazės II struktūros atvaizdas paimtas iš straipsnio Cramer et al. 2000).

Pakuojant genomą

Žmogaus ląstelių 23-ose chromosomų porose esančių DNR molekulių bendras ilgis yra 2 m, o vienos molekulės skersmuo ~20 Å (1 Å = 10^{-10} m). Ar galite įsivaizduoti, kad visa DNR telpa ląstelės branduolyje, kurio skersmuo ~10 μm (1 μm = 10^{-6} m)!? Vystantis žmogui iš vienos apvaisintos kiaušialąstės, jo genomas (6×10^9 DNR nukleotidų porų) išpakuojamas ir vėl supakuojamas trilijoną kartų (10^{12}). Šiuose vyksmuose dalyvauja dideli baltymų kompleksai, kurie naudoja ATP hidrolizės metu išsiskyrusią energiją.

Nepralenkiami genomų pakuotojai yra virusai. Tai maži kvazigyvi organizmai, galintys daugintis tik šeimininko ląstelėje. Štai dirvos bakterijų *Bacillus subtilis* viruso – bakteriofago ϕ29 – 6,6 μm ilgio DNR supakuojama į virusą taip kompaktiškai, kad jo vidinis slėgis yra dešimt kartų didesnis nei šampano butelyje (~60 atmosferų)! Šį darbą atlieka molekulinės mašinos – adenozintrifosfotazės (ATPazės), kurios energijos gauna taip pat iš ATP hidrolizės reakcijos. Vidinis slėgis vėliau panaudojamas bakteriofago DNR įšvirkšti į ląstelę šeimininkę (Youell, Firman 2007).

Kopijų fabrikas

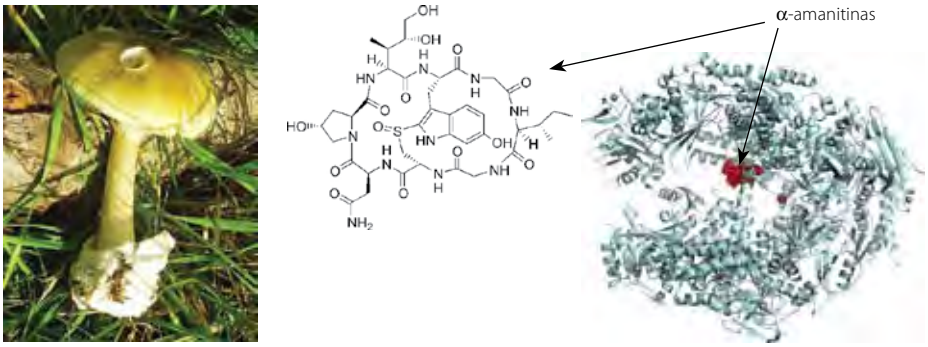
RNR polimerazės – molekulinės mašinos, sintetinančios genų kopijas – RNR. Be šių molekulinių mašinų negali egzistuoti jokia ląstelė. Žmogaus RNR polimerazė II, palyginti su ląstelėmis, yra didžiulė makromolekulė, sudaryta iš 12 skirtingų baltymų, o jos masė ~500 kDa (vienas daltonas (Da) prilygsta vienam atominės masės vienetui, o atominės masės vienetas apytiksliai lygus vandenilio atomo masei – $1{,}66 \times 10^{-24}$ g). RNR polimerazė II kopijuoja vieną iš dviejų DNR grandinių – sintetina informacinę RNR (iRNR), kurioje užkoduota informacija apie ląstelės baltymus.

RNR polimerazė II atlieka darbą – juda išilgai DNR matricos ir atskiria dvi DNR grandines. Energija šiam procesui gaunama iš RNR sintezės, kurią atlieka pati RNR polimerazė II. Išilgai DNR matricos judančios RNR polimerazės II sukuriama jėga yra viena didžiausių molekulinių mašinų sukuriamų jėgų – apie 30 pN (1 pN = 10^{-12} N ir prilygsta gravitacijos jėgai, veikiančiai tarp jūsų ir ant stalo ištiestos rankos atstumu gulinčios knygos). Atrodytų, kokia jau ten jėga: vieno niutono milijonosios dalies milijonoji dalis. Tačiau jeigu padidintume RNR polimerazę II iki žmogaus dydžio, jos sukuriama jėga būtų didesnė už nešančiosios raketos sukuriamą jėgą (1 pav.)!

Vienu metu ląstelėje kopijuojami tūkstančiai genų ir susintetinami tūkstančiai RNR molekulių. RNR polimerazei II būdinga keletas išskirtinių savybių – ji juda dideliu greičiu (į sintetinamą grandinę įjungia ~70 nukleotidų per sekundę), užtikrina, kad sintetinamoje kopijoje būtų mažai klaidų ir jas taiso (1 klaida pasitaiko 10 000 įjungtų nukleotidų), laiku pradeda ir baigia sintezę.

Žalsvosios musmirės (lot. *Amanita phalloides*) sintetinamas nuodas α-amanitinas prisijungia RNR polimerazės II aktyviajame centre ir trukdo judėti nedidelei baltymo spiralei, svarbiai RNR polimerazės judėjimui per matricą (2 pav.). Mašina sustoja, RNR sintezė stabdoma. Netrukus pradeda trūkti

[1] Matrica – molekulė ar jos dalis, nuo kurios kopijuojama kita molekulė ar jos dalis, pavyzdžiui, nuo DNR kaip matricos sintetinama RNR, o nuo baltymus koduojančių genų nurašyta RNR yra baltymo sintezės matrica.



2 pav. Žalsvosios musmirės nuodas stabdo molekulinės mašinos darbą (RNR polimerazės II su α-amanitinu struktūra paimta iš http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha-Amanitin, žalsvosio musmirės nuotraukos autorius Hankwang).

iRNR kopijų, o jų reikia baltymams sintetinti ribosomose. Ląstelėse įvyksta negrįžtamieji pokyčiai, kurie dažnai pasibaigia jų žūtimi.

Ribosoma – molekulinė mašina su „smegenimis“

Tūkstančiuose ląstelės ribosomų kiekvieną sekundę sintetinami baltymai pagal iRNR matricas, kuriose nukleotidų trejetai pagal genetinio kodo taisykles koduoja baltymų aminorūgštis (61 nukleotidų trejetas) arba baltymų sintezės sustabdymo signalus (3 nukleotidų trejetai). Bakterijose mažiausią tokią molekulinę mašiną sudaro 53 baltymų ir 3 RNR molekulės. Ribosomoje, sudarytoje iš dviejų atskirų dalelių – mažojo ir didžiojo subvienetų, yra apie du milijonai atomų. Eukariotinių ląstelių ribosomos dar sudėtingesnės. Visi šie komponentai labai tiksliai išsidėstę 30–50 nm dydžio makromolekulėje, kurioje yra net keli centrai, užtikrinantys greitą ir tikslią baltymų sintezę iš aminorūgščių, kurias į ribosomą „pristato“ molekulės tarpininkės – tRNR (pernašos RNR) (Schmeing, Ramakrishnan 2009). Šiandien jau žinome, kaip ribosomoje išsidėstę visų ją sudarančių molekulių atomai (3 pav.), belieka iki smulkmenų išsiaiškinti, kaip ji veikia.

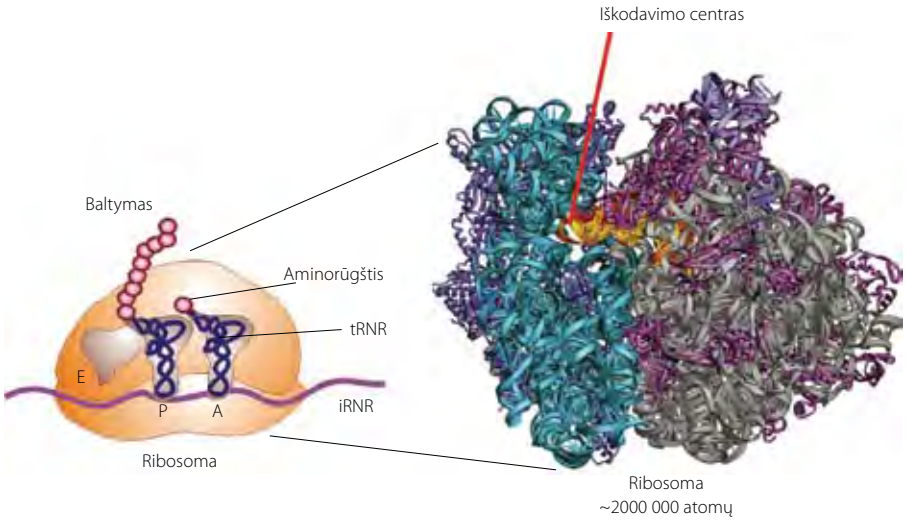
Ribosomos turi „smegenis“ – centrą, kuriame informacija, užrašyta iRNR molekulių nukleotidų sekoje, iškoduojama ir paverčiama baltymų aminorūgščių seka. Iškoduojama ribosomos molekulinei mašinai atpažinus, ar matricos (iRNR) nukleotidų trejetas atitinka nukleotidų trejetą molekulėje tarpininkėje (tRNR), kuri yra prisijungusi tam tikrą aminorūgštį. Jeigu atitinka, aminorūgštis įjungiama į sintetinamą baltymą. Atitikimą „jaučia“ ribosomos komponentas – RNR molekulė (rRNR), kurios struktūrinių dalių padėtis dėl iRNR ir tRNR sąveikos kinta. Ribosomos „smegenų“ centras užtikrina tikslią baltymų sintezę – galima tik viena klaida 10 000 nukleotidų jungimų.

Dar 1992 metais pasiūlyta, kad ribosomos galėtų būti prototipas programuojamų nanomašinų, galinčių „surinkti“ norimą produktą, sudarytą nebūtinai iš aminorūgščių.

Ateitis

Sparčiai besivystančios nanotechnologijos ir molekulinės biologijos mokslas žada šviesią ateitį. Supratę, kaip veikia molekulinių mašinų komponentai – baltymai ir nukleorūgštys, ypač tie, kurie sukuria judesį, jėgą ar signalą, galime tikėtis juos panaudoti tam pačiam tikslui, tik kitoje aplinkoje. Tiesa, kaip molekulinės mašinos veikia, reikėtų perprasti greičiau nei per 4 milijardus metų, kuriuos turėjo gamta šiam stebuklui sukurti.

Ar jums patiktų pasaulis, pilnas labai greitai ir tiksliai veikiančių nanomašinų, varomų cheminės arba šviesos energijos ir atliekančių už jus visus darbus?



3 pav. Ribosoma – molekulinė mašina su „smegenimis“ (ribosomos struktūra (dešinėje) parengta pagal Yusupov et al. 2001, kita – E. Sužiedėlienės).

Literatūra

Browne W. R., Feringa B. L. 2006, Making molecular machines work. *Nature nanotechnology*, 1, 25–35.

Cramer P., Bushnell D. A., Fu J. et al. 2000, Architecture of RNA Polymerase II and Implications for the Transcription Mechanism. *Science*, 288, 640–649.

Youell J., Firman K. 2007, Biological molecular motors for nanodevices. *Nanotechnology Perceptions*, 3, 75–96.

Yusupov M. M., Yusupova G. Z., Baucom A. et al. 2001, Crystal Structure of the Ribosome at 5.5 Å Resolution. *Science*, 292, 883–896.

Schmeing T. M., Ramakrishnan V. 2009, What recent ribosome structures have revealed about the mechanism of translation. *Nature*, 461, 1234–1242.

Kertelėje – prieveiksmiai

Ne taip seniai pažvelgėme į veiksmažodžių, daiktavardžių, prielinksnių vartosenos smegduobes. Šį kartą kimbame į prieveiksmį. Paprasčiau sakant, kalbos dalį „prie veiksmo“, žyminčią veiksmo ypatybes ar aplinkybes. Dabar greitai viską perskaitome, būtinai namie šiandien smagiai pasikartojame ir visur visada neabejotinai mokame vartoti prieveiksmius taisyklingai!

Samplaikos su prieveiksmiais

Į kasdienį mūsų žodyną patenka įvairių žodžių samplaikų. Tai junginiai, susidarę prie kokio nors savarankiško žodžio prisiplakus kitam. Apžvelkime kai kurias samplaikas, kuriose yra prieveiksmių.

Ypač įkyrios šios: (ne)priklausomai nuo, sutinkamai su, priešingai nei (negu) ir kt. Todėl reikia būti atidiems, kad į mokslinio darbo aprašymą neprikristų tokių šiaudgalių. Sakinį „Priklausomai nuo duomenų, surinktų tiriant vietinius augalus, buvo galima daryti vienokias ar kitokias išvadas“ reikėtų taisyti taip: „Pagal (atsižvelgiant į) duomenis, surinktus tiriant vietinius augalus, buvo galima daryti vienokias ar kitokias išvadas.“
Netoleruotinas ir verstinis griozdas sutinkamai su, kuris paplitęs rėmimuisi, pagrindui nusakyti. Vartotini lietuviški junginiai pagal ką, remiantis (vadovaujantis) kuo ir pan. „Sutinkamai su protokolu laimi antroji komanda!“ – „Pagal protokolą galima spręsti, kad laimi antroji komanda!“ Pagal protokolą, remiantis protokolu galima teigti, vadovaudamiesi protokolu galime sakyti, pažvelgę į protokolą matome...

Žmonės mąsto ir reiškia mintis skirtingai, vienas mano vienaip, o kitas priešingai. Tačiau sakinius su samplaikomis priešingai nei (negu), skirtingai nuo (negu) reikia taisyti.
Dėstydami mintis apsieikime be šių frazių, kalbėkime paprastai. Sakinį „Priešingai nei praėjusių metų konferencijoje, šiais metais dalyvavo daugiau mokslininkų iš kitų šalių“ keičiame taip: „Šiais metais konferencijoje dalyvavo daugiau mokslininkų iš kitų šalių negu pernai.“

Dažnai su kilmininku pavartojami aukštesniojo laipsnio kiekio prieveiksmiai (ne) daugiau, (ne) mažiau (ko), (ne) ilgiau (ko), kai nusakome kokį nors kiekį ar trukmę lygindami. Štai sakinys: „Eksperimentams atlikti įrengtos specialios darbo vietos, todėl grupėje gali būti ne daugiau 12 (dvylikos) mokinių.“ Netikusią konstrukciją galime lengvai pakeisti taisyklinga: „Eksperimentams atlikti įrengtos specialios darbo vietos, todėl grupėje gali būti ne daugiau kaip 12 (dvylika) mokinių.“
Ne tik jaunieji gamtininkai, bet visi jaunieji tyrėjai turėtų prisiminti, kad angies ilgis yra ne mažiau metro, bet mažiau kaip (negu, nei) metras, o dar geriau sakyti, kad toji angis yra trumpesnė (ne ilgesnė) kaip (negu, nei) metras.

Vartotini ne visomis reikšmėmis

Prieveiksmis pilnai yra padarytas iš būdvardžio „pilnas“, kuris reiškia pilnumą ir vartojamas šiomis reikšmėmis: „visiškai užimtas, pripildytas“, „nepraimtas“, „daug turintis“, „ištisas“. Taigi: dėžė gali būti pilnai prigrūsta įrankių, lėkštė pilnai pripilta sriubos. Prieveiksmis *pilnai* nevartotinas tomis reikšmėmis, kuriomis nevartojamas būdvardis *pilnas*. Kaip galima ką nors pilnai atlikti? Nėra juk rantelio, žyminčio darbo pilnumą. Pilnai (pilnutinai) sutikti su vertintojo nuomone negerai – galime tik visiškai sutikti, pritarti.

Prieveiksmiai kažkur, kažkiek dažnai pavartojami ir ne savo reikšme. Ar galima sakyti, kad eksperimentas truko kažkur keturias valandas? Ne, jis truko apie (maždaug) keturias valandas. Na, nebent iš tiesų nežinotume, kur tas keturias valandas eksperimentas vyko... Kažkiek geriau nevartoti reikšme „šiek tiek, truputį“. Per ilgą laiką pavyko kažkiek prasklaidyti abejones... Stop! Abejones pavyko tik šiek tiek išsklaidyti. Jei kas paklaus, ar septintokai jau kažkiek susipažinę su fizika, taisyklingai atsakykime, kad jau truputį (šiek tiek) susipažinę.
Pats laikas pakalbėti apie prieveiksmius su įvardžiu *tai*. Griežtai nevartotini: kur tai, kada tai, kaip tai, kiek tai, kodėl tai, kažkur tai, kažkada tai, kažkaip tai, kažkiek tai, kažkodėl tai.
Idėjų sąsiuvinį galima nukišti ne kur tai, kažkur tai, o kažkur, kažin kur. Žinoma, kada nors, kažkada jį rasi – ne kada tai (kažkada tai). Juk be tų užrašų kaip nors, kažkaip (ne kaip tai, kažkaip tai) išsiversi. Pakentėk kiek, šiek tiek (ne kiek tai, kažkiek tai), atsiras. Negi kažkodėl (ne kažkodėl tai) manim netiki?

Nevartotini vertiniai

Nevartotinas prieveiksmis neužilgo. Šį vertinį vejame lauk, o kalbos kertelėje gerą pakaitą jam tikrai rasime. Neužilgo vyks *Idėjų mugė*? Negali būti! (O kas tada vyks neužtrumpo?) *Idėjų mugė* vyks netrukus, tuoj(au), greitai, veikiai.
Toks pat ir vertinys savistoviai. Teiginys „Jaunasis tyrėjas savistoviai tęsia tyrimus“ taisyklingai skamba taip: „Jaunasis tyrėjas savarankiškai tęsia tyrimus“. Jis tvarkosi ne savistoviai, o savarankiškai, nepriklausomai.

Tad ko palinkėsime jauniesiems tyrėjams atsisveikindami? Jausti kalbos spalvas ir atspalvius, kiek įmanoma švarinti visas kalbos kerteles ☺ O žurnalo kalbos kerteles švarino Saulė Markevičiūtė.

Jei ieškote duomenų

CDS – Strasbūro astronominių duomenų centras
http://cds.u-strasbg.fr

Aladin – dangaus atlasas (įvairių observatorijų stebėjimų duomenys)
http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml

ADS – SAO/NASA astrofizikos duomenų sistema (astronominės tematikos publikacijos)
http://adswww.harvard.edu

MAST – Hubble kosminio teleskopo ir kitų kosminių observatorijų dangaus nuotraukos
http://archive.stsci.edu

NED – NASA užgalaktinių duomenų bazė
http://ned.ipac.caltech.edu

Exoplanet – ne Saulės sistemos planetų enciklopedija
http://www.exoplanet.eu

PDG – elementariųjų dalelių fizikos ir kosmologijos duomenų bazė
http://pdg.lbl.gov

SIDC – Saulės duomenų analizės centras
http://sidc.oma.be

USGS – JAV geologinė apžvalga (viso pasaulio geologinių tyrimų duomenys)
http://www.usgs.gov

EarthRef – Žemės duomenų bazės ir modeliai
http://earthref.org

NEO – NASA Žemės observatorija
http://earthobservatory.nasa.gov

PubMed – gyvybės mokslų duomenų bazė (straipsniai, DNR, RNR, baltymų sekos, taksonomija ir kt.)
http://www.pubmed.com

PDBe – baltymų duomenų bazė
www.pdbe.org

DSMZ – Vokietijos mikroorganizmų ir ląstelių kultūrų rinkinys
(išsamiausias Europoje mikroorganizmų ir ląstelių kultūrų rinkinys)
http://www.dsmz.de

Google Scholar – mokslinių darbų paieškos sistema
http://scholar.google.lt

science.gov – bendroji mokslo duomenų ir informacijos rodyklė
http://www.science.gov

arXiv – įvairių mokslo krypčių dar nepublikuoti mokslo darbai
http://arxiv.org

LABT – Lietuvos akademinių bibliotekų tinklas
http://www.labt.lt

Lietuvos mokslų akademijos Vrublevskių biblioteka
http://www.mab.lt/lt/istekliai-internete

Vilniaus universiteto biblioteka
http://www.mb.vu.lt/istekliai

Jaunojo tyrėjo **numerio nuotraukos konkurso nugalėtojai**

Laura Paulina Šinkūnaitė,
„Bitė ir saulėgrąžos liepsnos“,
2009

Ona Anilionytė,
„Užkluptas vabzdys“,
2010

Viktorija Lukštinskaitė,
„Šildyk mane, saulute“,
2009

Viktorija Lukštinskaitė,
„Malonu susipažinti“,
2009

JAUNASIS TYRĖJAS

Mokslas • Ekonomika • Sanglauda
Kuriame Lietuvos ateitį
Europos Sąjunga
Europos socialinis fondas

Švietimo ir mokslo ministerija

Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centras

Lietuvos jaunųjų gamtininkų centras