

*Jurga Lazauskienė, Jaunutis Bitinas, Saulius Lozovskis, Andrius Pačėsa, Jūratė Žilinskaitė-Parpaiola, Artūras Baliukevičius, Lietuvos geologijos tarnyba*

## LIETUVOS GEOLOGIJOS TARNYBOS VYKDYTI VALSTYBINIAI GILUMINIAI ŽEMĖS GELMIŲ TYRIMAI 2016–2020 M.



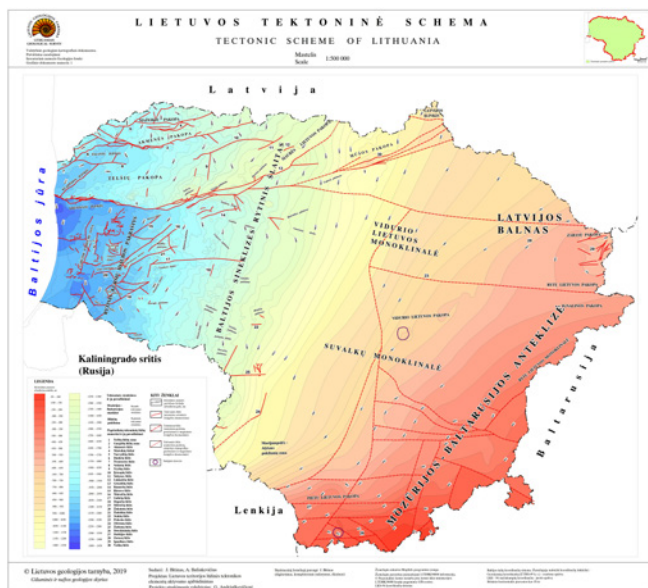
Įgyvendinant Lietuvos valstybinių geologinių tyrimų programą „Geoenergetika ir saugi aplinka“ (2016–2020 m.) Lietuvos geologijos tarnybos (LGT) prie Aplinkos ministerijos (AM) Giluminės ir naftos geologijos skyriuje buvo vykdomi plataus spektro su gilumine ir naftos geologija susiję valstybiniai geologiniai tyrimai, apie kuriuos plačiau galima sužinoti užsukus į LGT svetainę (priegiga internete: <https://www.lgt.lt>) ar užėjus

į LGT Geologijos fondą, kur sugulė atliktų geologinių tyrimų ataskaitos.

Atsižvelgiant į įvairius šalies ūkio vystymuisi aktualius Žemės gelmių sandaros klausimus, didelis dėmesys buvo skiriamas Žemės gelmių geologinio bei tektoninio uždarmo vertinimui ir lūžinės tektonikos analizei.

**Žemės gelmėms ir tektoniniam uždaramui įvertinti** buvo sudarytas erdvinis

prekvartero nuosėdinės stromės geologinis modelis Pietvakarių Lietuvoje (2 490 km<sup>2</sup> plotas). Jame integruoti: nuosėdinės dangos atraminių stratonų struktūriniai žemėlapiai, kristalinio pamato paviršiaus žemėlapių kompleksas bei kaledoninio struktūrinio komplekso tektoninių lūžių amplitudžių žemėlapis. Tyrimais nustatyta atskirų stratonų pjūvių litologinės sandaros kaita ir pateiktas gelmių uždarmo vertinimas. Prekvartero nuosėdinės stromės (iki 2 040 m storio) uždarmas geras: nustatytas visiškas kambro ir ordoviko vandeningųjų sluoksnių vertikalus uždarmas, taip pat visiškas kaledoninių lūžių uždarmas silūro mologijoje stromėje (dėl sprūdžių plokštumų užpildymo molinga medžiaga). Taip pat nustatyta, kad molingi devono vandenspariniai sluoksniai lemia vertikalų uždarmą ir izoliuoja žemiau slūgsančius devono vandeninguosius sluoksnius.



1 pav. Lietuvos teritorijos tektoninė schema (mastelis 1:500 000). Juoda linija – kristalinio pamato paviršiaus izolinija; raudona linija – tektoninis lūžis, nustatytas remiantis seisminės žvalgybos duomenimis; raudona punktyrinė linija – tektoninis lūžis, nustatytas pagal gręžinių, magnetinės ir gravitacinės žvalgybos duomenis; raudona taškinė linija – tektoninis lūžis, nustatytas remiantis gręžinių, elektrinės tomografijos, magnetinės ir gravitacinės žvalgybos duomenimis. Sud. J. Bitinas  
Fig. 1. Tectonic scheme of Lithuania at a scale 1:500 000. Black line – izoline of the top of crystalline basement; red line – tectonic fault determined using data of seismic exploration; red line with spaces – tectonic faults determined using well and potential fields (magnetic and gravity anomalies) data; red dotted line – tectonic fault determined using well data and electrical tomography, and potential fields (magnetic and gravity anomalies) data

Lietuvos teritorijos lūžinės tektonikos elementų aktyvumui apibūdinti naujai įvertinti lūžinės tektonikos duomenys, parengta aktyvių lūžių išskyrimo metodika, atlikta teritorijos seismotektoninio aktyvumo analizė, patikslintas 1:500 000 mastelio kristalinio pamato paviršiaus struktūrinis žemėlapis, naujai interpretuoti tektoniniai lūžiai ir parengta 1:500 000 mastelio Lietuvos teritorijos tektoninė schema (1 pav.). Naujų tyrimų duomenų analize patvirtintas tektoninių lūžių, išskirtų pagal seisminės žvalgybos ir gręžinių duomenis, formavimasis kaledoniniame etape, o pagal geologinių pjūvių ir storių žemėlapių duomenis nustatytas mažamplitudžių lūžių formavimasis hercininiu ir alpinu laikotarpiais. Lūžinės tektonikos duomenys buvo susisteminti ir integruoti į bendrą Europos duomenų masę, vykdant tarptautinį HORIZON 2020 tyrimų programos *GeoEra* tarptautinį projektą „Žinios apie pavojų ir poveikį Europai“ (angl. *Hazard and impact knowledge for Europe*, HIKE), skirtą gamtinių ir indukuotų pavojų tyrimams ir jų poveikiui vertinti Europoje.

**Stebint Lietuvos ir gretimų teritorijų seismingumą** nuo 1990 m. LGT vykdomas valstybinis seismologinis monitoringas. Periodiškai seisminių stebėjimų duomenys (beveik) realiu laiku gaunami iš Paburgės (PBUR) ir Paberžės (PABE) plataus diapazono ir keturių vienkomponenčių trumpaperiodžių: Ignalinos (IIGN), Didžiasalio (IDID), Zarasų (IZAR) ir Salako (ISAL) bei kitų Balti-

jos regiono seisminių stebėjimų stočių. Jie apdorojami, analizuojami ir apibendrinami mėnesiniuose ir metiniame seismologiniuose biuleteniuose, kurie pateikiami LGT svetainėje. Per pastaruosius penkerius metus užregistruota: 5 461 vietinis (epicentras <800 km) seisminis įvykis, 416 regioninių (epicentras >800 km, bet <2 200 km) ir 3 363 teleseisminiai įvykiai (epicentras >2 200 km) (1 lentelė).

1 lentelė. 2016–2020 m. Lietuvos geologijos tarnybos identifikuoti seisminiai įvykiai. Sud. A. Pačėsa, V. Stankevičienė, 2020 m.

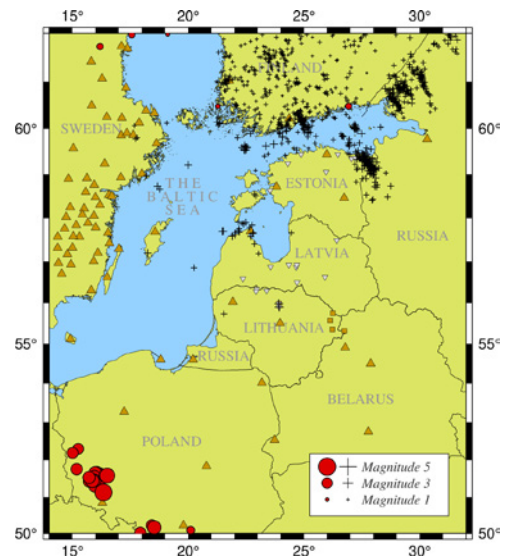
Table 1. Seismic events recorded in the seismological center of Lithuanian Geological Survey in years 2016–2020

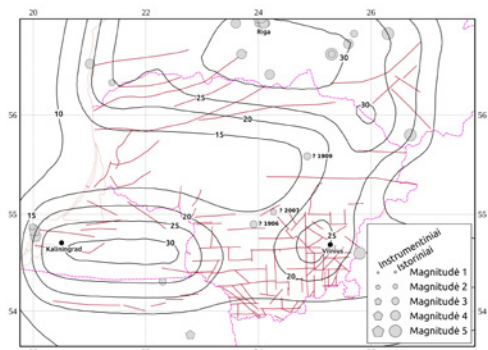
Metai	Vietiniai įvykiai	Regioniniai įvykiai	Tolimi įvykiai	Iš viso įvykių
2016	462	81	1 034	1 577
2017	752	79	804	1 635
2018	1 038	92	947	2 077
2019	1 019	78	388	1 485
2020	2 190	91	188	2 469

Didžioji dalis vietinių įvykių buvo antropogeninės kilmės – paviršiniai arba povandeniniai sprogdinimai. Natūralių tektoninių arba žmogaus veiklos indukuotų vietinių žemės drebėjimų buvo 137: 109 – indukuoti (pietvakarinėje Lenkijoje) (2 pav.) ir 28 – silpni (magnitudės iki 2 balų) tektoniniai žemės

2 pav. LGT stotyse 2020 m. užregistruotų vietinių seisminių įvykių žemėlapis. Oranžiniai trikampiai žymi plataus diapazono seisminių stebėjimų stotis, oranžiniai kvadratai – trumpo periodo seismines stotis, apversti pilki trikampiai – karjerus, kuriuose vykdomi sprogdinimo darbai, raudoni apskritimai – žemės drebėjimus, kryžiai – sprogdinimus. Sud. A. Pačėsa

Fig. 2. Map of local seismic events registered in LGS during year 2020. Orange triangles mark broadband seismic stations, orange squares – short period seismic stations inverted grey triangles – quarries where explosions can be carried out, red circles – induced or natural earthquakes, crosses – explosion events



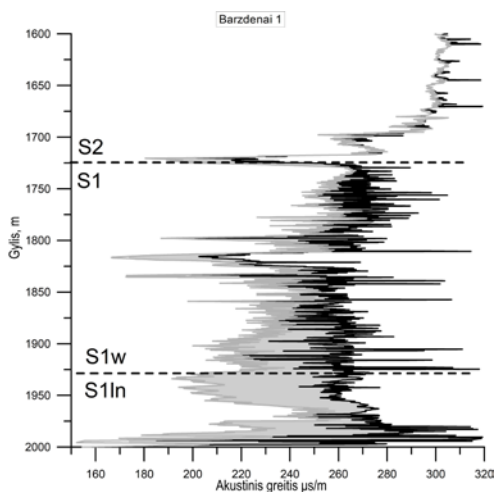


3 pav. Lietuvos ir greta esančių teritorijų seismo pavojingumo žemėlapis. Juodos izolinijos vaizduoja maksimalius horizontalius grunto dalelių pagreičius (PGA), išreikštus  $\text{cm/s}^2$ , kurie esant 10 % tikimybei gali būti viršyti per 50 metų. Sud. A. Pačesa

Fig 3. Seismic hazard map of territory of Lithuania and adjacent areas. Black contour curves correspond to Peak Ground Acceleration (PGA) which can be exceeded within 50 years with probability of 10 %

drebėjimai. Didžioji dalis drebėjimų įvyko Suomijoje, Švedijoje ir šių šalių Baltijos jūros priekrantėse.

Lietuvos ir kitų šalių seisminių stočių duomenys buvo integruoti su ankstesniais seismo pavojingumo vertinimais – re-



4 pav. Organinė medžiaga papildyti sluoksniai: juoda linija – išmatuotos akustinės reikšmės, pilka linija – apskaičiuotos akustinės reikšmės. Sud. S. Lozovskis

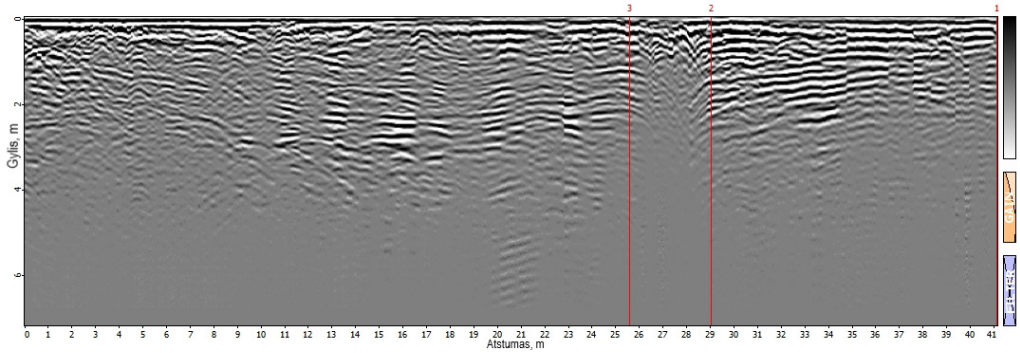
Fig. 4. Layers enriched with organic matter: black line – measured acoustic values, gray line – calculated acoustic values

vizuotas Lietuvos teritorijos seismo pavojingumo žemėlapis. Jis parodo maksimalių grunto horizontalių virpesių pagreičius (angl. *Peak Ground Acceleration*, PGA), kurie per 50 metų gali būti viršyti esant 10 % tikimybei (3 pav.). Lietuvoje seisminis pavojingumas labai mažas: vidutinė PGA vertė –  $19,7 \pm 6,5 \text{ cm/s}^2$ , o didžiausia nustatyta Rytų Lietuvoje –  $\sim 32,6 \text{ cm/s}^2$ . Lyginant su didžiausio seismo pavojingumo zonomis Europoje, šis seismo pavojingumo lygmuo siekia tik  $\sim 4 \%$ .

**Žemės gelmių giluminės geoterminės energijos potencialo kompleksinio vertinimo srityje** atlikti metodiniai tiriamieji darbai (ats. vykd. L. Balakauskas): parengtos giluminės geoterminės energijos išteklių vertinimo metodikos ir išteklių klasifikavimo gairės, nustatyti rekomenduojami fizikiniai ir geologiniai vertinimo modelių parametrai ir atlikti giluminės geoterminės energijos išteklių bandomieji vertinimai 50x60 km plote Vakarų Lietuvoje. Tyrimų rezultatai parodė, kad tirtame plote Žemės gelmių iki 2 km gylio šiluminės energijos geologiniai ištekliai gali siekti 1 450 EJ (1,45x1 021 J), o iki 5 km gylio – iki 500 EJ.

Atsižvelgiant į išskylančius aktualius geologinius klausimus vykdyti **ankstyvojo paleozojaus molingų uolienuų storumės sandaros tyrimai**. Taikant geologinių, mineraloginių ir organinės geochemijos duomenų interpretaciją nustatytas organinės medžiagos ir jos terminio brandumo pasiskirstymas, įvertinti prognoziniai skalūnų naftos ir dujų ištekliai. Tyrimų rezultatai parodė, kad netradicinius angliavandenilių generuojančioms uolienoms priskirtini vėlyvojo ordoviko *Moseno* ir *Fjako* svitų ir ankstyvojo silūro *landovertio* bei mažiau perspektyvūs *uenlokio* sluoksniai.

Toliau buvo tęjami detalesni **silūro bei ordoviko sistemų molingų uolienuų mechaninių ir petrofizikinių savybių tyrimai**: nauji kerno mėginiai tirti skenuojančiu elektroniniu mikroskopu, atliekant rentgeno spindulių difrakcijos analizę, taip pat analizuotos geofizinių tyrimų gręžiniuose gautos akustinės diagramos, susisteminti 258



5 pav. Georadar profilyje identifikuota žmonių užkasta smegduobė. Sud. S. Lozovskis

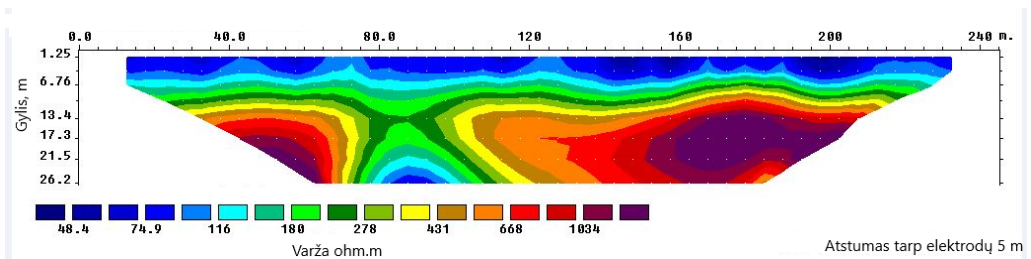
Fig. 5. The georadar profile with identified sinkhole buried by humans

archyviniai poringumo duomenys (4 pav.). Tyrimai leido nustatyti uolienų mineralinę sudėtį ir įvertinti jų trapumą: Vakarų Lietuvoje trapumo indeksas kinta nuo 0,13 iki 0,43 (vyrauja 0,36–0,4). Nustatyta, kad uolienoms būdinga labai maža katijonų mainų geba (0,2–8,8 meq 100 g), galimai susijusi su dideliu detritinių dalelių kiekiu ir vyraujančiais ilito bei chlorito molio mineralais. Vakarų Lietuvoje uolienų poringumas einant gilyn mažėja: nuo 18–19 % 1 km gylyje iki 0,3–4 % 2 km gylyje.

Įsigyta moderni geofizinių tyrimų įranga leido efektyviai vykdyti kompleksinius tyrimus. Vykdamas inžinerinį geologinį miestų kartografavimą, georadaru atlikti geofiziniai tyrimai, juose siekta identifikuoti pavojingus geologinius reiškinius (5 pav.), nustatyti geologinės aplinkos taršos šaltinius ir negamtinių objektų vietas. Elektrinės 3D tomografijos tyrimai buvo taikyti karstinio

regiono požeminei sandarai nustatyti bei įvairiems geologiniams procesams tirti, jie leido identifikuoti besiformuojančias smegduobes (6 pav.), abrazių šlaitų deformacijas ir kt. procesus.

Toliau buvo vykdomas erdvinis 1:50 000 mastelio prekvartero geologinis kartografavimas. 2016–2020 m. Šilalės, Tauragės, Plungės, Kelmės, Raseinių, Jurbarko ir Telšių r. kartografuotas 2 490 km<sup>2</sup> plotas, sudaryti nauji skaitmeniniai 1:50 000 mastelio žemėlapiai: prekvartero geologinis, pokvarterinio paviršiaus reljefo, tektoninis, neotektoninis, taip pat atraminių geologinių sluoksnių struktūriniai (70 vnt.) ir 1:25 000 mastelio atskirų stratonų storių (54 vnt.) žemėlapiai; parengti geologiniai pjūviai, gauta daug naujos detalios informacijos apie prekvartero sluoksnių sandarą, slūgsojimą, struktūrinio plano ir tektoninių dislokacijų pobūdį.



6 pav. Besiformuojanti smegduobė, identifikuota elektrinės tomografijos profilyje. Sud. S. Lozovskis

Fig. 6. Emerging sinkhole identified in electro-tomography profile

7 pav. Lietuvos geologijos tarnybos Giluminės ir naftos geologijos skyriaus ir administracijos specialistės pristato visuomenei Valstybinio seismologinio monitoringo rezultatus. Iš kairės: dr. Jolanta Čyžienė, dr. Jurga Lazauskienė, Vilma Stankevičienė ir Gintarė Andriuškevičienė. J. Lazauskienės archyvo nuotr.

Fig. 7. Specialists of Department of Bedrock and Petroleum Geology and administration of Lithuanian Geological Survey present the results of Seismological Monitoring of Lithuania for society. From the left: dr. Jolanta Čyžienė, dr. Jurga Lazauskienė, Vilma Stankevičienė and Gintarė Andriuškevičienė. Photo from the archive of J. Lazauskienė



## Summary

### STATE INVESTIGATIONS OF EARTH'S DEEP UNDERGROUND AND PROCESSES IN LITHUANIAN GEOLOGICAL SURVEY IN YEARS 2016–2020

During last 5 years a wide range of State investigations of Earth's deep underground and processes, ranging from studies of tectonic structure of Lithuania to State seismological monitoring and assessment of seismicity have been carried out in the Department of Bedrock and Petroleum Geology of Lithuanian Geological Survey within the framework of the State Investigations Programme "Geoenergy and Safe Environment." The assessment of tectonic structure and seismo-tectonic activity and evaluation of the closure of the Earth's underground has been carried out. In result 3D geological model of the pre-Quaternary succession was compiled and the closure of ~2400 m thick Palaeozoic succession was assessed. The tectonic structure of Lithuania was reassessed, resulting in compilation of the upgraded map of the Crystalline Basement and tectonic scheme of the territory of Lithuania at a scale of 1:500 000. Methodological investigations were carried to evaluate deep geothermal energy potential: geothermal resource assessment methodologies and classification guidelines were prepared, deep geothermal energy resources were assessment

for 50x60 km test area. New analytic studies on clayey Silurian and Ordovician succession enabled detail assessment of the distribution of Total Organic Carbon (TOC), organic matter, mineralogical and petrophysical properties in terms of the unconventional hydrocarbons potential. Project of State Seismological Monitoring of Lithuania (carried out since 1990) was continued: in years 2016–2020 total 9 243 seismic events were identified. The seismic hazard map of Lithuania has been upgraded indicating that the territory of Lithuania is described by rather low seismic hazards – the average PGA values is 19.7 cm/s<sup>2</sup> with standard deviation of 6.5 cm/s<sup>2</sup> with 10 % probability of exceedance within 50 years; the highest PGA reaching 32.6 cm/s<sup>2</sup>. The acquired modern geophysical equipment was used for the investigations of the karst region, for hazardous geological phenomena (like slopes' abrasion) and identification of non-natural objects. The spatial geological mapping of the Pre-Quaternary succession at a scale of 1:50 000 has been continued – an area of 2490 km<sup>2</sup> has been mapped resulting in a set of ~140 new digital maps at a scale 1:50 000 compiled.