

An aerial photograph of a large-scale industrial or mining site. A prominent feature is a large, bright turquoise pond on the left side. The surrounding land is heavily excavated and covered in tracks from heavy machinery. In the foreground, there are large, dark, textured mounds of earth or rock, possibly containing coal or other minerals. A yellow excavator is visible in the lower center, and another piece of machinery is near the turquoise pond. The background shows a flat landscape with green fields and some buildings under a clear sky.

LIETUVOS ŽEMĖS GELMIŲ TURTAI

Geologai gelmių žvalgai neša žinią –
Žemė yra graži, vienintelė, nesudeginkime jos...

LIETUVOS MOKSLŲ AKADEMIJA

LIETUVOS
ŽEMĖS GELMIŲ
TURTAI

Atsakingasis redaktorius
Algimantas Grigelis

Vilnius, 2026

Jūras Banys, Algimantas Grigelis, Ginutis Juozapavičius,
Anicetas Štuopis, Ignas Vaičeliūnas, Gediminas Motuza Matuzevičius
Saulius Gadeikis, Valentinas Baltrūnas, Saulius Gegieckas

ATSAKINGASIS REDAKTORIUS akad. Algimantas Grigelis

ATSAKINGOJO REDAKTORIAUS PAVADUOTOJAS dr. Ginutis Juozapavičius

MOKSLINIS REDAKTORIUS prof. dr. Jonas Jasaitis

RECENZENTAI: akad. Aivaras Kareiva, akad. Algirdas Vaclovas Valiulis

Visos teisės saugomos. Draudžiama bet kokią šio leidinio dalį atgaminti ar platinti
be leidėjo sutikimo, išskyrus įstatymų numatytus atvejus.

Bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos integralios bibliotekų informacijos
sistemos (LIBIS) portale ibiblioteka.lt

© Jūras Banys, 2026

© Algimantas Grigelis, 2026

© Ginutis Juozapavičius, 2026

© Anicetas Štuopis, 2026

© Ignas Vaičeliūnas, 2026

© Gediminas Motuza Matuzevičius, 2026

© Saulius Gadeikis, 2026

© Valentinas Baltrūnas, 2026

© Saulius Gegieckas, 2026

© Lietuvos mokslų akademija, 2026

ISBN 978-9986-08-109-8

eISBN 978-9986-08-110-4

PADĖKA

Valstybiniam mokslinių tyrimų institutui
Gamtos tyrimų centrui

Vilniaus universiteto Chemijos ir geomokslų fakulteto
Geomokslų institutui

UAB „GJ Magma“

UAB „Grotā“

Lietuvos ir Danijos UAB „Minijos nafta“

UAB „Geotestus“

UAB „Geoanalizė“

UAB „Mokslo Lietuva“



Knygos „Lietuvos žemės gelmių turtai“ autoriai su Lietuvos mokslų akademijos prezidentu akademiku Jūru Baniu. Iš kairės: Valentinus Baltrūnas, Ignas Vaičeliūnas, Ginutis Juozapavičius, Anicetas Štuopis, Jūras Banys, Algimantas Grigelis, Saulius Gadeikis, Saulius Gegieckas, Gediminas Motuza Matuzevičius. 2025 m. gegužės 29 d., Virginijos Valuckienės nuotr.

Žemė yra graži

Kas pažvelgia į Žemės gelmes, tas regi ne tik akmenį – jis pamato pačios gyvybės atmintį. Žemės gelmės nuo seniausių laikų buvo žmogaus atradimų šaltinis ir pažangos variklis. Nuo pirmųjų akmenų įrankių iki šiuolaikinių technologijų – viskam, kas kuria mūsų civilizacijos patogumus, prireikė to, ką slepia planeta: metalų, naftos, dujų, mineralų, požeminio vandens. Be šių išteklių nebūtų garo mašinų ir elektros tinklų, automobilių ir lėktuvų, tranzistorių ir mikroschemų, socialinių tinklų ir atsinaujinančios energijos.

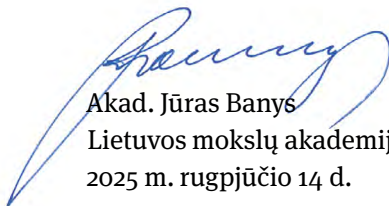
Geologija – tai mokslas, padedantis suprasti Žemę: jos kilmę, amžių, sandarą, paviršių ir gelmes. Ji jungia gamtos mokslus ir inžinerines technologijas, siekdama atskleisti ne tik fizinę planetos struktūrą, bet ir sudėtingą abipusį ryšį tarp Žemės sluoksnių bei gyvybės raidos. Litosfera, hidrosfera ir atmosfera sudaro materialųjį gyvybės sferos pagrindą, o žmogaus sukurta antroposfera vis labiau primena apie atsakomybę šiuos turtus saugoti ir naudoti racionaliai bei tvariai.

Kyla klausimas: ar sugebėsime išmintingai naudoti tai, ką gavome iš gamtos, ir palikti šiuos išteklius būsimoms kartoms? Džiugina tai, kad Lietuvoje gausu įvairiausių gamtos turtų. Geologai – nuo gelmių žvalgų iki gruntų tyrėjų – nuosekliai dirba, vadovaudamiesi darnaus vystymosi principais, kad mūsų šalis galėtų augti, išlaikydama trapią pusiausvyrą tarp ekonomikos poreikių ir gamtinės aplinkos išsaugojimo.

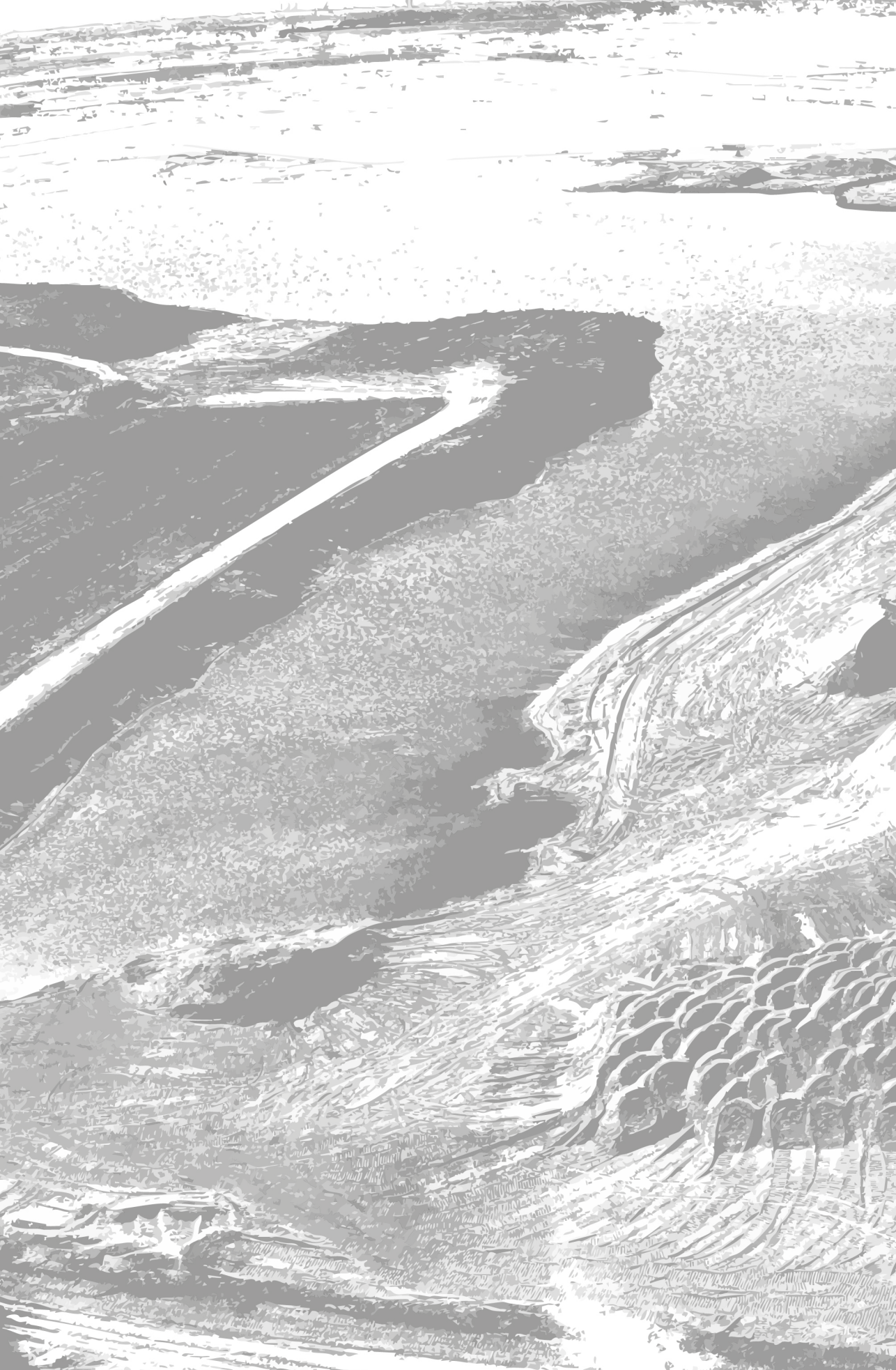
Mūsų planeta – nedidelis rutulys Visatos begalybėje – yra unikali ir nepakartojama. Ji verta, kad ją pažintume, saugotume ir tausotume.

Ši knyga skiriama plačiajai visuomenei, valstybės administracijai ir savi-valdai. Joje atsakoma į klausimą, ar Lietuva turi naudingųjų iškasenų. Lietuvos mokslų akademijoje kilus tokio leidinio idėjai, atsakingasis redaktorius per trumpą laiką parengė programą ir sutelkė šiam darbui itin aukštos kvalifikacijos geologijos mokslo ir verslo specialistus. Viliuosi, kad ši knyga patenkins mąslaus skaitytojo smalsumą ir poreikį pažinti savo krašto gelmių turtus.

Geologai neša žinių Lietuvai: Žemė yra graži, unikali ir nepakartojama. Nuoširdžiai dėkoju autoriams, redaktoriams, leidėjams ir spaudėjams už atsakingą, kūrybingą ir produktyvų bendrą darbą, rengiant šį išskirtinį leidinį tautos, visuomenės ir mokslo labui.



Akad. Jūras Banys
Lietuvos mokslų akademijos prezidentas
2025 m. rugpjūčio 14 d.



1. Lietuvos gelmių geologinė sandara

ŽEMĖ IR ŽMOGUS

Beribio laiko erdvėse

Beribė Visata ėmė formuotis po Didžiojo Sprogimo (angl. *Big Bang*), kuris, astrofizikos duomenimis, įvyko apytiksliai prieš 13,8 mlrd. metų ($13,8 \times 10^9$ Ga), materijai pasklidus laiko erdvėje. Didžiojo Sprogimo teorijai pagrįsti yra parašyta daug mokslinių darbų, tačiau ar ją būtų galima laikyti plačiai pripažinta tiesa?

Pastaraisiais dešimtmečiais, gavus naujų duomenų apie juodąsias skylės (angl. *Black Holes*) iš moderniausių Edvino Pauelio Hablio (Edwin Powell Hubble) ir kiek vėliau – Sidnio Džeimso Vebo (Sidney James Webb) kosminių teleskopų, teorinės fizikos korifėjai ėmė kurti hipotezes apie Visatos daugialypiškumą ir beribį plėtimąsi. Aiškėja, kad Visata galbūt yra begalinė, neturinti nei pradžios, nei pabaigos, ir kad tokių „visatų“, Stiveno Viljamo Hokingo (Stephen William Hawking)¹ pavadintų Visatos „kūdikiais“, galėjo būti daugiau nei viena.

Yra ir kitų teorijų. Pavyzdžiui, naujausios stygų teorijos (angl. *String Theory*) kūrėjas Mičijas Kaku (Michio Kaku)² teigia, kad galėjo įvykti keletas didžiųjų sprogimų. Ar tai reiškia, kad Visata yra nevienalytė, o planetų formavimosi laikotarpis – nenuspėjamas?

Besiplečiančios Visatos teorija susijusi su planetos Žemės kilme, amžiumi, istorija ir būtimi. Šiuos klausimus nagrinėja ir geologijos mokslas, todėl verta juos bent glaustai apžvelgti.

1 Stivenas Viljamas Hokingas (1942–2018) – Kembridžo teorinės fizikos ir kosmologijos tyrėjas, knygų „A Brief History of Time“ (1988) ir „Black Holes and Baby Universes and Other Essays“ (1993) autorius.

2 Mičijas Kaku (g. 1947) – Niujorko universiteto koledžo fizikas teoretikas; citata iš garso įrašo (2024 12 12): „Visata yra garsų, kuriuos atome sukelia 1,5 atosekundės ilgio nepaliaujamai virpanti styga, simfonija...“



1 pav. Planeta Žemė.
Vaizdas iš kosmoso
(Kious, Tilling, 2001).

Planetos Žemės formavimasis Saulės sistemoje truko apie 10 mlrd. metų – nuo 13,8 Ga iki 3,8 Ga. Daroma prielaida, kad seniausios Žemėje žinomos archeozojaus eono uolienos (dar vartojamas neoficialus „hado“ vardas) datuojamos apytiksliai nuo 3,8 mlrd. metų. Per šį laikotarpį, auštant Žemės rutulio materijai ir veikiant gravitacijai, susiformavo Žemės centro branduolys ir geosferos, atsirado gyvybė ir išryškėjo evoliucijos fenomenas. Žemės paviršiaus formavimasis, veikiant giluminei mobilių litosferos plokščių tektonikai, vyksta nuolat. Tai – *kvantiniai procesai* (1 pav.).

Taigi nuo seniausių uolienų susidarymo tarpsnio, kurį galima datuoti fizikiniais metodais, geologijos ir paleontologijos mokslai pradeda skaičiuoti Žemės planetos eonų amžių, jos raidą bei gyvybės atsiradimą ir vystymąsi. Šiuo atveju galime kalbėti apie astronominio laiko projekciją į geologinį amžių, t. y. apie laiko vyksmą ir jo trukmę kalendoriniais metais.

Laikas ir Žemė

Visatos kilmės teorijos visada bus susijusios su Saulės sistemos ir planetos Žemės kilmės bei amžiaus tyrinėjimais. Geologijoje laikas yra nusakomas milijonais ir tūkstančiais metų, o žmogaus gyvenimas – minutėmis, valandomis ir metais. Geologiniai procesai, formuojantys Žemės veidą, yra labai įvairūs. Vieni jų, kaip antai sedimentacija, erozija, denudacija, tektoniniai grimzdimai, kalnynų iškilimas ir tektoninių plokščių judėjimas, vyksta labai lėtai – milijonus metų. Kiti procesai, pavyzdžiui, žemės drebėjimai, vulkanų išsiveržimai, cunamiai, tektoniniai sprūdžiai, nuošliaužos, vyksta labai greitai ir sukelia katastrofas. Visa tai ir formuoja Žemės veidą – sausumos, kalnynų, jūrų ir vandenynų pasiskirstymą, taip pat Žemės geosferas, jos gelmes ir paviršių, mineralines žaliavas, metalų rūdas bei kitas naudingąsias iškasenas.

Uolienų amžius nustatomas fizikiniais metodais. Jų susidarymo laikas projektuojamas į hierarchinę geochronologinę skalę, kuri pagal gyvybės vystymosi etapus skirstoma į mažėjančius laiko padalinius – eonus, eras, periodus, epochas ir amžius. Visi šie padaliniai turi savo

vardus, žymimi nustatytais spalvomis ir sudaro tarptautinę geologinio laiko geochronologinę skalę (Enciklopedinis geologijos terminų žodynas, 2009).

Tokia reliatyvaus geologinio laiko chronologinė skalė, išskiriant vis naujus geologinius periodus pagal danų mokslininko Nikolauso Steno (Nicolaus Steno, tikt. Niels Stensen, 1638–1686) superpozicijos paradigmą, teigiančią, kad žemesnis sluoksnis yra senesnis, o aukštesnis – vėlesnis, buvo sudaryta Europoje dar iki XIX a. vidurio. Vėliau, nuo XX a. vidurio, uolienų amžių imta matuoti fizikiniais metodais, tiriant kai kurių mineralų sudėtyje randamų cheminių radioaktyviųjų elementų skilimo produktus. Seniausiomis laikomų uolienų amžius, remiantis cirkono mineralo urano ir švino izotopų tyrimais, nustatytas kaip galimai siekiantis net daugiau nei dabar priimtas 3,8 Ga amžius, t. y. apie 4,1–4,3 mlrd. metų. Kuo uolienos jaunesnės, tuo tiksliau – iki milijono, šimto tūkstančių ir net tūkstančio metų – galima nustatyti absoliutųjį uolienų amžių. XX a. pabaigoje, suformulavus „auksinio taško“, t. y. globalaus stratotipo, taisyklę, tarptautiniu mastu buvo nustatytas beveik visų fanerozojaus stratonų (nuo 542 mln. metų) absoliutinis amžius, dabar laikomas tiksliausiu geologinių laikotarpių geochronologijos ribų ir jų trukmės apskaičiavimo pagrindu.

Taigi geologiniai periodai datuojami kaip geochronologiniai, remiantis nepertraukiamo laiko sąvoka. Tačiau tiriant konkrečius uolienų geologinius pjūvius tenka pereiti prie regioninės stratigrafijos, kur taikomas litostratigrafinis, santykinio uolienų amžiaus nustatymo metodas, nes faktinis geologinis pjūvis niekada nebūna nepertraukiamas. Todėl jis skirstomas ne į laiko padalinius, tokius kaip periodai ir pan., o į sistemas, skyrius, aukštus ir serijas. Tai ir sudaro stratigrafijos principo dualizmą. Taikant biostratigrafinį fosilijų tyrimo metodą, uolienų profilis gali būti detaliam suskirstytas į biostratigrafines zonas pagal vienam ar kitam geologiniam periodui būdingas fosilijų grupes (konodontus, graptolitus, amonitus, foraminiferus ir kt.). Litostratigrafiniai padaliniai ir biostratigrafinės zonos turi savo indeksus ir gali būti „skaitomi“ tarsi knyga, kurios puslapiai atitinka atskirus geologinius vienetus.

Žemė ir žmogus

Kita Žemės ir žmogaus egzistencijos joje dedamoji yra gyvybės Žemėje fenomenas. Gyvybės atsiradimo Žemėje hipotezės yra dvi. Viena jų teigia, kad susiklosčius palankioms sąlygoms gyvybė savaime atsirado Žemėje, kita daro prielaidą, kad paprasčiausia gyvybės forma į Žemę pateko iš kosmoso, tačiau tai problemos nesprensdžia, o tik ją nutolina...

Biochemikas Nikolas Džeimsas Leinas (Nicholas James Lane)³ yra įsitikinęs, kad gyvoji ląstelė kilo Žemėje iš vienos sėkmingos nukleotidų mutacijos tarp galimai trilijono nesėkmingų bandymų. Ši hipotezė teigia, kad kartą atsiradusi gyvoji prokariotinė (t. y. dar be branduolio, bet turinti apvalkalą – membraną) ląstelė, vadinama LUNA (angl. *Latest Unique Cellular Ancestor*), nepaliaujamai dalijosi maždaug prieš 3,76 mlrd. metų ir per maždaug 2 mlrd. metų evoliucionavo į eukariotinę, t. y. jau turinčią branduolį, mitybos, šalinimo bei dviejų lyčių reprodukcijos sistemas ir paveldimumo mechanizmus. Be to, ji įgijo gebėjimą organizmo apsaugai sekretuoti išorinį mineralinį kiautą, kaip tai sugeba ir vienaląsčiai pirmuonys, ir daugialąsčiai bestuburiai.

Organinio pasaulio evoliucija, t. y. biosferos vystymosi Žemėje istorija, kaip įrodė anglų mokslininkas Čarlzas Robertas Darvinas (Charles Robert Darwin, 1809–1882), vyksta natūralios, t. y. gamtinės atrankos būdu. Šis procesas dažnai vaizduojamas spiralės forma, kurioje per milijonus metų – nuo archėjaus iki antropogeno (kvartero) – atsiranda vis sudėtingesnės gyvybės formos (2 pav.). Išlikę tų organizmų veiklos pėdsakai (gyvūnų kiautai, skeletai, šliaužimo ar judėjimo žymės), augalų lapų ar medienos atspaudai uolienose leidžia atkurti tų laikotarpių geosferų, kaip antai litosferos, hidrosferos, atmosferos būties ypatybes. Nėra abejonų, kad pirmosios gyvybės formos atsirado vandenyne. Apie tai liudija archėjaus laikotarpio geležingi kvarcитай, susidarę dėl geležies junginių bakterijų sintezės, taip pat proterozojaus stromatolitai ir ediakario pseudomedūzų fauna. Vėliau prasideda fanerozojaus eonas, kurio pradžioje, po nepaprastai ilgo proterozojaus laikotarpio, kambro periode (prieš maždaug 542 mln. metų) įvyksta vadinamoji „skeletinė revoliucija“: išnyra jau susiformavusios pirmuonių ir bestuburių klasės, aptinkami ir ankstyvieji chordiniai stuburiniai.

Nuo šio periodo svarbiausi organinio pasaulio evoliucijos tarpsniai yra susiję su organinės kilmės naudingųjų iškasenų, tokių kaip nafta, dujos, akmens ir rudoji anglis, organogeninės klintys bei baltoji kreida, susidarymu. Nuo kambro pasaulinis vandenynas tampa tinkamas gyventi įvairioms gyvūnų rūšims tiek dėl vandens sudėties, tiek dėl temperatūros, o sausumoje vyksta vulkaniniai, erozijos ir denudacijos procesai. Po kambro, ordoviko ir silūro periodų klesti jūrinė pirmuonių ir bestuburių fauna, o sausumoje formuojasi pirmą kartą dirvožemio dangos ir atsiranda augmenija.

Nuo devono periodo (prieš 419,2 mln. metų) augalų ląstelėse atsiranda chlorofilas ir susiformuoja kvantinis fotosintezės procesas, praturtinantis

³ Nikolas Džeimsas Leinas (g. 1967 m.) – Londono universiteto koledžo evoliucinės biochemijos profesorius, knygų autorius.

atmosferą deguonimi, o litosferą – anglimi. Šiuo periodu iš vandens į sausumą „išlipa“ pirmosios dvikvapės riešapelekės žuvis, o karbono ir permio periodais (prieš 358,9 mln. metų) išsivysto amfibijų fauna, lėtai grimztančiuose baseinuose kaupiasi atmirusios augmenijos klodai, vėliau virtę akmens anglimi. Permo periode įvyksta bedeguonės krizė, kurios metu išmiršta iki 90 proc. gyvūnijos. Šia krize užsibaigia paleozojaus era.

Triaso (prieš 252,2 mln. metų) ir jūros (prieš 201,3 mln. metų) perioduose biota po permio krizės

atsigauna, reptilijų fauną keičia milžiniškų dydžių žolėdžiai ir plėšrieji ropliai, taip pat plėšrūs skraidantieji pterodaktiliai. Jūros periodo viduryje (prieš 174,1 mln. metų) atsiranda pirmieji paukščiai, o vandenyne išsivysto planktoniniai foraminiferai, kurie suklesti kreidos periodu (prieš 145,0 mln. metų), sudarydami daug kalcio turinčią mitybinę bazę stambiesiems vandenyno gyvūnams. Sausumoje šiltame ir drėgname kreidos periode išsivysto gigantiški dinozaurai, tačiau šio periodo pabaigoje Žemės biota dėl Mastroichto (prieš 72,1 mln. metų) kosminės katastrofos ir klimato atšalimo patiria labai didelių – net iki 90 % praradimų, o dinozaurai ir kiti stambūs sausumos gyvūnai išmiršta. Šia krize užsibaigia mezozojaus era, kurios metu jūros ir ankstyvosios kreidos laikotarpius susikaupė šimtų metrų, o kai kur – ir kilometrų storio organinė medžiaga prisodrintos nuosėdinės uolienos, tapusios svarbiausiais šių laikų angliavandenilių rezervuarais.

Kainozojaus eros pradžioje, paleogeno periodu (prieš 66,0 mln. metų), esminis ir lemtingas biotos persitvarkymo požymis buvo naujos žinduolių grupės atsiradimas, kuriai būdingas vaisiaus vystymasis motinos kūne, leidęs geriau prisitaikyti prie ekosferos pokyčių ir cikliško klimato raidos svyravimų. Paleogene gana greitai nusistovi nuosaikus klimatas, vystosi gausios vabzdžių, paukščių, žolėdžių kanopinių ir plėšriųjų mėšėdžių žinduolių gentys, sausumoje išsivysto plikasėklių ir gaubtasėklių augalija, Skandinavijoje suklesti gintarmedžių miškai, o savanose veši žoliniai augalai. Šiltame vandenyne gausu maistinių medžiagų, klesti fito- ir zooplanktonas, koralų rifai, įvairių grupių bestuburiai ir žuvis. Vėlesniame neogeno periode (nuo 23,03 iki 2,59 mln. metų) klimato sąlygos diferencijuojasi, darydamos įtaką ir biosferos raidai. Holarkties



2 pav. Organinio pasaulio evoliucijos schema
(*Life Evolution on the Earth*, 2010).

taigose išsivysto mamutai, o Europos lygumose susidaro gaubtasėklių miškų rudosios anglies klodai. Afrikos riftų zonos atogrąžų miškuose atsiranda pirmieji primatai. Biosferos įvairovė – milžiniška, bet gamtos darma – tobula, nes veikia natūralūs mitybos, reprodukcijos, atsinaujinimo ir tausojimo procesai. Susiformavusios mitybos grandinės užtikrina apsirūpinimą maisto medžiagomis ir sausumoje, ir vandenyne (Emerson, Grigelis et al., 2016).

Antropogeno (kvartero) periodu (nuo 2,59 mln. metų iki dabarties) tolesnė primatų evoliucija atveda prie hominidų atsiradimo. Pleistoceno epochoje susiformuoja sausumos ir vandenynų kontūrai, o planetos ašigalių ledo kepurėse susikaupia milijardai kubinių metrų užšaldyto gėlo vandens. Skandinavijos apledėjimo epizodas truko apytiksliai 100 tūkst. metų. Holoceno epocha atskleidžia klimato kaitos cikliškumą: jai būdingas paskutinis pašiltėjimo tarpledynmetis, prasidėjęs prieš 16 tūkst. metų ir trunkantis iki šiol. Taigi, klimato kaita yra natūralus gamtinis reiškinys.

Hominidų evoliucija, skaičiuojant geologiniu laiku, vyko sparčiai. Visaėdis protėvis – „krūmynų“ žmogus, kilęs iš karštųjų Rytų Afrikos savanų, – sparčiai plito Europoje ir Azijoje. Galiausiai *Homo sapiens*, neturėdamas gamtinių priešų, prisitaikė prie įvairių gamtos sąlygų ir paplito po visus žemynus, išskyrus Antarktidą.

Protingasis žmogus, išradęs ratą, kylinį laivą ir statybinę arką, pasirinko palankią gamtai civilizacijos kryptį. Tačiau sukūręs garo mašiną, vidaus degimo variklį, plastiką ir tranzistorių, jis suformavo gamtai žalingą globalizacijos kryptį – vis didėjančius gamtinių ir mineralinių išteklių poreikius, gavybos ir transportavimo mastus, kenkiančius natūraliai litosferai, atmosferai, hidrosferai ir biosferos būsenai. Mokslininkų nuomone, dėl to Žemės planetoje nuo XX a. vidurio (nuo 1950 m.), po holoceno epochos, prasideda nauja – antropoceno – epocha. Susiformuoja antroposfera, veikianti prieš natūralią ekosferą, kurioje žmogus užvaldo gamtą, be saiko ir be kompromisų naudodamas jos išteklius. Jai būdingas nevaldomas populiacijų augimas, didžiulė migracija, kovos dėl įtakos ir išteklių... Šis procesas jau vyksta.

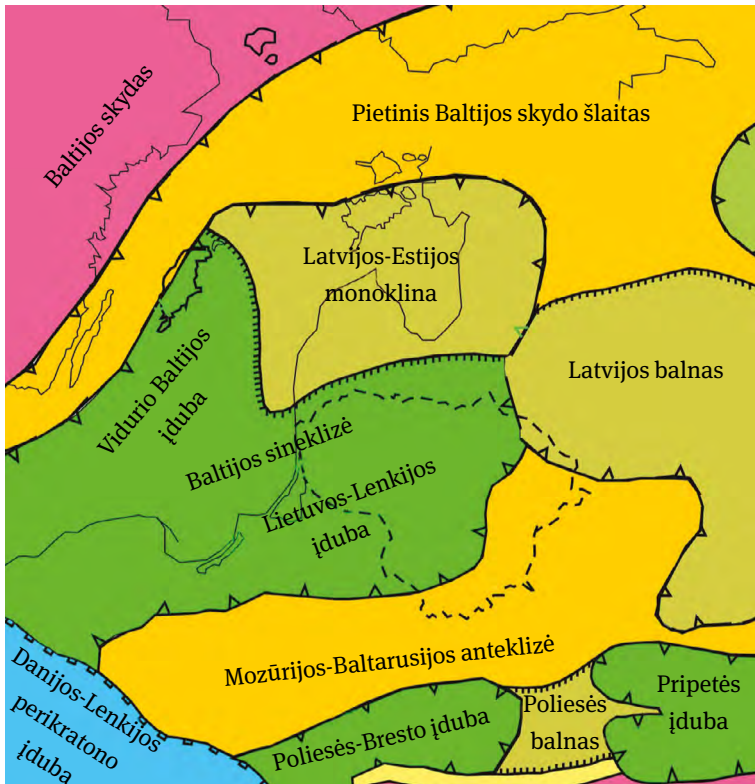
Geologija ir Lietuva

Lietuvos teritorijos geologinis ištirtumas yra labai aukšto lygio, pagrįstas geologiniu kartografavimu, giliųjų gręžinių duomenimis, išsamiomis paleontologinių zonų lygmeniu sukurtomis stratigrafinio suskirstymo schemomis, uolienu ir nuosėdų petrografinės bei geocheminės sudėties tyrimais, giluminių geofizinių matavimų ir tektoninės analizės duomenimis (Baltrūnas (ats. red.), 2004; Grigelis, 2011; Motuza, 2013; Paškevičius, 1997). Tai platus kompleksas įvairiapusių tyrimų, kurių rezultatai (be

kitų) apibendrinti Šiaurės Europos geologiniame žemėlapyje (M 1:4 mln.) (Grigelis, 2002).

Lietuvos teritorijos geologinę raidą, t. y. sausumos ir jūrinių sąlygų pasiskirstymą nulėmė stambios tektoninės struktūros: Baltijos sineklizė, Mozūrijos-Baltarusijos anteklizė ir Latvijos balnas. Šios struktūros priklauso Rytų Europos prekambriškajam kratonui (3 pav.).

Visą geologinį stulpelį sudaro du struktūriniai aukštai. Apatinis struktūrinis aukštas susideda iš proterozojaus, prerifėjinių laikų (iki 560 mln. metų) kristalinių, magminių ir metamorfinės kilmės uolienu, kurios slūgso 200–2 300 m NN gilyje. Viršutinis struktūrinis aukštas sudarytas iš nuosėdinių uolienu, pradedant Ediakario (Vendo) amžiumi (nuo 560 mln. metų) ir baigiant kvartero periodu. Fanerozojaus geologinio stulpelio analizė rodo, kad, nors tam tikrais laikotarpiais nuosėdų klostymasis nevyko, ištisiniame geologiniame pjūvyje, pradedant kambro periodu (nuo 542 mln. metų), randami visų geologinių sistemų „atstovai“. Geologinio laiko prasme nuosėdų klostymosi trukmė sudarė apie 312 mln. metų, o sedimentacijos pertraukos – apie 230 mln. metų (4 pav.).



3 pav. Baltijos regiono tektoninė schema (pagal Suveizdis, 2003).

1 skyrius

Eros	Periodai	Epochos	Indeksai	Trukmė, mln. metų	Uolienos	Facijos		
						Jūrinės	Lagūninės	Kontinentinės
Kainozojus (KZ)	Kvarteras	Holocenas	Q	1,6	Morena, smėlis, žvyras			
		Pleistocenas						
	Terciaras	Neogenas	Pliocenas	N2	21,4	Smėlis		
		Miocenas	N1					
		Paleogenas	Oligocenas	P3	42	Smėlis, aleuritas		
Eocenas	P2							
	Paleocenas	P1		Smėlis, smiltainis				
Mezozojus (MZ)	Kreida	Viršutinė	K2	70	Baltoji kreida, mergelis, aleuritas			
		Apatinė	K1		Glaukonitinis smėlis, smiltainis su fosforitais			
	Jura	Viršutinė	J3	70	Klintis, molis, aleurolitas			
		Vidurinė	J2		Molis su anglimis			
		Apatinė	J1		Molis, smėlis			
	Triasas	Viršutinis	T3	45	Margas molis, klintis			
		Vidurinis	T2					
		Apatinis	T1					
	Protezojus (PR)	Permas	Viršutinis			Klintis, gipsas, akmens druska		
Apatinis			P1	Gravelitas				
Karbonas		Viršutinis	C3	65	Dolomitas, molis, smiltainis, mergelis, klintis, gipsas su smėlio, smiltainio tarpfluoksniais			
		Vidurinis	C2					
		Apatinis	C1					
Devonas		Viršutinis	D3	55	Smėlis, molis, smiltainis			
		Vidurinis	D2					
		Apatinis	D1					
Silūras		Viršutinis	S2	28	Mergelis, klintis, dolomitas, gipsas, skalūnai, argilitas			
		Apatinis	S1					
Ordovikas		Viršutinis	O3	72	Klintis, mergelis			
		Vidurinis	O2					
		Apatinis	O1			Smiltainis		
Kambras		Viršutinis	Є3	60	Smiltainis, molis, smėlis			
		Vidurinis	Є2					
	Apatinis	Є1						
Archejus (AR)	Vendas		V	100	Smiltainis			
					2000			
							Per 2000	

4 pav. Ištinio geologinio pjūvio paleogeografinė kreivė (Grigelis, Kadūnas, 1994). Kreivė rodo fanerozojaus eratemą (nuo 542 mlrd. metų), kai dėl tektoninių grimzdimų ir iškilimų vyko jūrinių, lagūninių ir kontinentinių sąlygų kaita Lietuvos teritorijoje.

Šią tezę iliustruoja paleogeografinė kreivė, rodanti, kaip laike keitėsi jūrinės (buvo vandenynas) ir kontinentinės (buvo sausuma) sąlygos. Šį reiškinį aiškina geosinklinų (ilgalaikių grimzdimų) teorija ir litosferos tektoninių plokščių judėjimo mechanizmai.

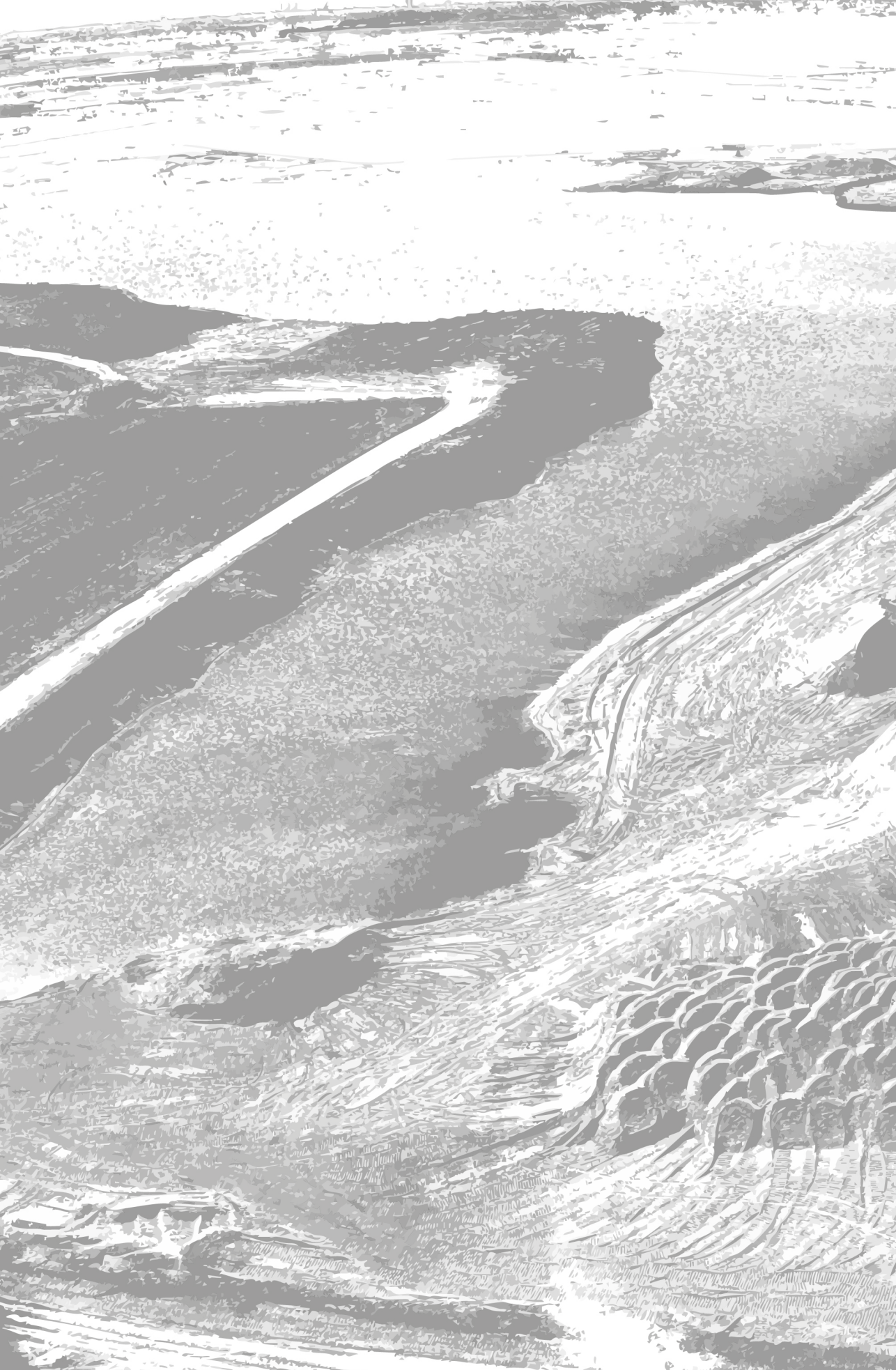
Lietuvos teritorijoje prekambro (proterozojaus) amžiaus kristalinėse uolienose kai kuriuose plotuose formavosi geležies grupės metalų arba retųjų žemių elementų rūdos. Fanerozojaus amžiaus nuosėdinės kilmės uolienose susidarė nemetalinių naudingųjų iškasenų telkiniai, angliavandenilių – naftos ir galimai išsklaidytųjų angliavandenilių (skalūnų dujų) kaupavietės, o poringose nuosėdose susikaupė gėlas arba mineralinis vanduo. Kai kurios šių Žemės gelmių turtų rūšys eksploatuojamos visuomenės reikmėms tenkinti, kitos gal dar laukia tolesnių tyrimų ir savo eilės tapti naudingomis.

Literatūra

1. Baltrūnas V. (ats. red.). 2004. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai*. Vilnius: Petro ofsetas, 700 p.
2. *Enciklopedinis geologijos terminų žodynas*. D. 1. 2009. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 647 p.
3. Grigelis A. 2002. Description of geology of Lithuania. In: Sigmond, Ellen M. O., 2002. Geological Map. Land and Sea Areas of Northern Europe. Scale 1:4 million. Geological Survey of Norway, Trondheim (www.ngu.no).
4. Grigelis A. 2011. Research of the bedrock geology of the Central Baltic Sea. *Baltica*, Vol. 24, No. 1, p. 1–12.
5. Grigelis A. (sud.). 2014. *Akademikas Juozas Dalinkevičius*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 726 p.
6. Grigelis A., Kadūnas V. 1994. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla, 447 p.
7. Kious J. W., Tilling R. I. 2001. *This Dynamic Earth: The Story of Plate Tectonics*. Denver: U. S. Geological Survey. Government Printing Office, 77 p.
8. Motuza G. 2013. *Kaip veikia Žemė: geologijos pagrindai*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla, 527 p.
9. Paškevičius J. 1997. *Baltijos respublikų geologija*. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba, 388 p.
10. Suveizdis P. (sud.). 2003. *Lietuvos tektoninė sandara*. Vilnius: Geologijos ir geografijos institutas, 160 p.
11. *Life Evolution on the Earth*. 2010. Tomsk: TMI Press, 704 p. (rus.).

Fondinis darbas

12. Emerson R., Grigelis A. et al. 2016. *EASACMARSUS Report*. EU Research Centre, Ispra, Italy.



2. Nemetalinės naudingosios iškasenos

KAS YRA NEMETALINĖS NAUDINGOSIOS IŠKASENOS?

Tai galima apibūdinti labai paprastai – visos naudingosios iškasenos, iš kurių nėra išgaunami metalai, tačiau jų kilmė, savybės ir paskirtis yra labai įvairi. Pagal kilmę išskiriamos dvi pagrindinės nemetalinių naudingųjų iškasenų grupės: biogeninės (kaustobiolitai) ir abiogeninės (mineralinės).

Kaustobiolitams priskiriamos visos degios naudingosios iškasenos, susidariusios iš augalų ir gyvūnų liekanų žemės gelmėse vykstant geologiniams-geocheminiams procesams. Šioje grupėje išskiriamos anglys, kuriose organinė medžiaga susikaupia sinergetiškai ir nemigruoja – tai durpės, sapropelis, degieji skalūnai, akmens anglis, gintaras. Kitos kaustobiolitų grupės telkiniai susidaro išsklaidytai organinei medžiagai migravus į kaupimosi vietas – tai nafta, gamtinės dujos, mineralinių medžiagų ir bitumo mišinys, ozokeritas. Šiame skyriuje nagrinėsime tik Lietuvoje aptinkamas šios grupės iškasenas: durpes, sapropelį ir gintarą.

Mineralinės kilmės nemetalinių naudingųjų iškasenų, skirtingai nuo rūdų, kurių svarbiausi komponentai yra metalai, uolienas sudaro šie elementai: Si, Al, Ca, Mg, Na, K, O, C, P, Cl, F. Svarbiausi nometalines naudingąsias iškasenas formuojantys mineralai yra silikatai, aliumosilikatai, oksidai, chloridai ir kitos druskos. Šioms naudingosioms iškasenoms priskiriamos visos chemijos pramonės žaliavos (apatitas, fosforitas, baritas, visos iškasamos druskos, siera, gipsas, anhidritas), ugniai atsparių medžiagų gamybos žaliavos (ugniai atsparus molis, kvarcitas, magnezitas, talkas ir kt.), elektrotechnikos, pjezooptikos, šilumos ir garso izoliavimo, abrazyvų, rūgštims ir šarmams atsparių gaminių žaliava (žėrutis, fluoritas, pjezokvarcas, korundas, chrizotilas, amfibolas, asbestas, talkas ir kt.), statybinių medžiagų žaliava (granitas, bazaltas, klintis, dolomitas, kreida, molis, smėlis, žvyras ir kt.), juvelyriniai akmenys (deimantas, smaragdai, agatas, rubinas, chalcedonas ir kt.). Dažnai tas pats mineralas ar uoliena gali būti naudojama įvairiose

pramonės ar statybų srityse. Šiame skyriuje apžvelgiame tik Lietuvoje aptinkamas nemetalines naudingąsias iškasenas, neliesdami naftos ir dujų.

Nuo pirmojo akmens panaudojimo iki šių dienų

Kainozojaus eros pradžioje, t. y. prieš 65–50 mln. metų, klimatas žemėje buvo apie 5,6 °C šiltesnis. Tai paskatino itin spartų naujų gyvūnų grupių atsiradimą: atrajojančiųjų, kanopinių bei skeltanagių, tarp jų ir primatų. Pastarųjų viena iš atšakų yra hominidai, kuriems priklauso ir žmonių giminė. Visos pagrindinės hominidų evoliucijos fazės įvyko Rytų Afrikoje, kuri patenka į žemės planetos pusiaują juosiančių drėgnų atogrąžų miškų juostą (Dartnell, 2021). Tačiau Rytų Afrikoje atogrąžų miškų nėra, čia plyti savanos. Ši aplinka lėmė, kad žmogbeždžionės išlipo iš medžių ir atsistėjo ant kojų. Tai, kad Rytų Afrikos pusiaujo atogrąžų miškų juostoje susiformavo savanos, turėjo įtakos gamtiniai procesai. Nuo paleogeno periodo pradžios žemės klimatas vėso. Indijos žemynas susidūrė su Euroazija ir iškilo Himalajų kalnynas (Dartnell, 2021). Susiformavusi galinga musoninių vėjų sistema išdžiovino Rytų Afriką. Maždaug prieš 30 mln. metų po Šiaurės rytų Afrikos žemės pluta iškilo karštos mantijos kamuolys, kuris išstūmė žemės paviršių iki 1 km, o kai kur ir dar aukščiau (Dartnell, 2021). Žemės plutos apatinė dalis išsilydė, suplonėjo ir sutrūkinėjo. Joje atsivėrė plyšiai, o palei juos dalis plutos nusmuko žemyn, suformuodama Rytų Afrikos riftą, nuo Sirijos šiaurėje einantį per Negyvąją ir Raudonąją jūras, Adeno įlanką iki Mozambiko Afrikoje. Rytų Afrikoje išsiskyrė rytinis ir vakarinis žemės plutos lūžis. Šias įdubas iš abiejų pusių supa iki 1,5–2 km iškilusios plynaukštės, ties jų įtrūkimais susiformavo aukščiausi Afrikos ugnikalniai. Iškilusios plynaukštės buvo antroji priežastis, kodėl debesys išlydavo Indijos vandenyno pakrantėje, o vešlius atogrąžų miškus pakeitė savanos.

Pasikeitus aplinkai, žmogbeždžionėms nebeliko įprasto maisto – medžių vaisių ir lapų. Aukšta savanų žolė privertė primatus atsistoti ant kojų. Savanoje klestint žolėdžių kaimenėms, plėšriesiems gyvūnams maisto buvo apstu. Tokiu gana lengvu grobiu liūtams, leopardams, jaguarams ar hienoms buvo ir ant žemės atsidūrusios žmogbeždžionės. Žvėrių karaliui sudorojus žolėdę auką, prie jos likučių prisėlina hienos ar šakalai, kurie kruopščiai nuėda visus mėsos likučius nuo kaulų. Po mėsėdžių ieškoti maisto likučių tarp kaulų ateina eilė grifams ir žmogbeždžionėms. Kartais kaulai būna sulūžę, o ten aptinkami itin maistingi kaulų čiulpai. Suvokusi, kad kaulų viduje yra skanus produktas, kažkuri beždžionė padarė išskirtinį atradimą: sutrupino jį akmeniu. Toks pirmasis žemės gelmių turtų panaudojimo atvejis įvyko Rytų Afrikos rifto zonoje maždaug prieš 5 mln.

metų, t. y. dar plioceno epochos pradžioje. Tai galėjo atsitikti ir Olduvos tarpeklyje (angl. *Olduvai Gorge*), dabartinėje Tanzanijos teritorijoje, kur gausiai aptinkama pirmųjų hominido veiklos pėdsakų, pėdų įspaudų, skeletų ir primityvių akmeninių įrankių.

Gyvulinės kilmės maistas turėjo įtakos smegenų tūriui ir kartu sumanumui panaudojant akmeninius įrankius. Taip per 4 mln. metų „pietinė beždžionė“ (*Australopithecus* genties individai) Rytų Afrikoje tapo moderniu *Homo sapiens* žmogumi. Tai galėjo nutikti maždaug prieš 300 000–200 000 metų (Dartnell, 2021). Tik ši vienintelė primatų rūšis iš Rytų Afrikos savanos sugebėjo panaudoti žemės gelmių išteklius ir galėjo tobulėti. Taip atsitiko todėl, kad Rytų Afrikos žemės plutoje vykę geologiniai procesai sukūrė savanos sąlygas, privertusias primatus ieškoti alternatyvių maisto šaltinių. Kitose atogrąžų miškų zonose, kur aplinka keitėsi nedaug, beždžionės liko gyventi medžiuose. Lewis Dartnellas yra teisus, sakydamas, kad mus (*Homo sapiens*) sukūrė gamtinė aplinka.

Nuo to laiko visi žmonijos vystymosi etapai glaudžiai siejami su visuomenės gebėjimu įsisavinti žemės gelmių išteklius – ne veltui išskiriami akmens, bronzos, geležies amžiai. Vienu ryškiausiu visuomenės gerovės šuoliu prieš porą šimtmečių tapo atradimai, leidę įdarbinti iškasamas anglis ir naftą energijos gamybai. Nors jau plėtojami atsinaujinantys energijos šaltiniai, nafta, gamtinės dujos ir anglis vis dar lemia ekonomikos augimą ir visuomenės poreikių tenkinimą. Taigi tik žemės gelmių išteklių naudojimo lygmuo gali garantuoti visuomenės gerovę. Beveik viskas, kas mus supa, vienaip ar kitaip yra susiję su žemės gelmių ištekliais, pradėdant nuo virtuvinio šaukšto iki modernių transporto priemonių.

Jau akmens amžiuje žmonės žinojo, kad iš kriptokristalinio juodo diabazo, peridotito ar bazalto galima pasigaminti stiprų kirvuką buičiai, kovai ar gyvūnų medžioklei, iš amorfinio silicio dioksido (titnago, randamo nuosėdinių uolienu sluoksniuose, ar obsidiano, randamo vulkaninėse padermėse) – peilius, strėlių antgalius bei kitus buitines įrankius.

Naudingųjų iškasenų paieška žemės gelmėse yra nenutrūkstamas procesas, lydintis žmoniją nuo pat jos ištakų. Ne veltui Lietuvos nacionaliniu akmeniu visuomenė išrinko titnagą. Akmens amžiuje tai buvo strateginė žaliava. Archeologai, tyrinėję to laikotarpio požeminius urvus, išraustus kreidos sluoksniuose ties Valkavysku (dabartinė Baltarusijos teritorija) ieškant titnago, yra pirmieji liudininkai apie naudingųjų iškasenų tikslią požeminę kasybą mūsų regione. Beje, Antikos laikais Viduržemio jūros regionas pažino Baltų tautas per prekybą kitu vertingu žemės gelmių turtu – gintaru. Iš gintaro pagamintais papuošalais puikavosi Antikos šalių valdovai ir didikai.

Gaminiai iš žaliavų, gautų eksploatuojant žemės gelmes, gausiai supa kiekvieną iš mūsų, tad dažnas nesusimąsto, iš kur ir kaip atsirado



1 pav. Titnagas iš Valkavysko kreidos karjero (G. Juozapavičiaus kolekcija).

visuomenės gerovės lygį atspindintys objektai: baldai ir kiti buities reikmenys, būstai, pramoniniai pastatai, oro ir jūrų uostai, kelių ir geležinkelių infrastruktūra ir kt.

Siekiant išgauti naudingąsias iškasenas iš žemės gelmių, vykdoma invazija į aplinką. Žemės paviršiuje slūgsantys naudingieji klodai iškasami karjeruose, o paruošta žaliava tiekama tiesioginiams vartotojams arba žaliavų perdirbėjams.

Pavyzdžiui, iš klinties, molio, gipso / anhidrito ir opokos gaminamas cementas, iš kurio kartu su smėlio, žvirgždo bei skaldos užpildais gaunamas betonas. Naudingųjų iškasenų kasėjai nieko nepalieka asmeniniam naudojimui: kasama tiek, kiek šalies ekonominio išsivystymo lygis leidžia sunaudoti.

Didesniame gylėje esančios naudingosios iškasenos pasiekiamos šachtomis, horizontaliais ar įkypais tuneliais. Tokiu atveju šios veiklos žemės paviršiuje nesimato arba pokyčiai yra minimalūs. Lietuvoje yra suprojektuota viena požeminė kasykla, tačiau jos įrengimo darbai dar neprasidėjo. Daug tokių kasyklų yra Pietų Lenkijoje. Netoli Krokuvos esančiame Veličkos mieste akmens druskos kasyklos veikia dar nuo Jogailos laikų. Antžeminiai šachtų statiniai yra darniai įsilieję į Veličkos miesto aplinką ir tapę turistų traukos centrais.



2 pav. Akmens druskos šachtos antžeminis pastatas Veličkos mieste, Lenkijoje (G. Juozapavičiaus archyvas).

VISUOMENĖS POŽIŪRIS Į NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ GAVYBĄ

Nė viena šiuolaikinė visuomenė negali egzistuoti nenaudodama naudingųjų iškasenų. Kiekvienas iškasenų telkinys yra unikalus gamtos objektas, susiformavęs esant itin palankioms geologinėms sąlygoms – kitoje vietoje jo tiesiog nėra. Taigi telkinio vietos parinkimas nepriklauso nuo naudotojų norų ar planų.

Telkinio eksploataciją labiausiai sąlygoja jo geologinė sandara, aplinkos sąlygos ir ekonominė nauda. Dažnas Lietuvos gyventojas (ne išimtis ir savivaldybių administracijos darbuotojai ar politikai) naudingųjų iškasenų gavyboje išvelgia vien tik hiperbolizuotą siaubą: telkinyje dirbanti sunkiasvorė technika, akustinė ir oro tarša sukels ilgalaikį neigiamą poveikį gyventojų sveikatai ir pablogins gyvenimo kokybę. Nuogaustaujama, kad bus pakenkta kraštovaizdžio estetiniam potencialui.

Tačiau būtina suvokti, kad naudingųjų iškasenų telkinių eksploatacija sukuria naujas darbo vietas ir padidina regiono patrauklumą investuotojams, stiprina valstybės ekonomiką ir atskleidžia naujas jos raidos perspektyvas. Konstitucijos 47 straipsnis nurodo, kad Lietuvos Respublikai išimtinė nuosavybės teise priklauso žemės gelmės, taip pat valstybinės reikšmės vidaus vandenys, miškai, parkai, keliai, istorijos, archeologijos ir kultūros objektai. Lietuvos Respublikos žemė, vidaus vandenys ir miškus užsienio subjektai gali įsigyti tik remdamiesi Konstitucijos įstatymu, o žemės gelmių niekas negali įsigyti. Jos naudojamos visuomenės poreikiams tenkinti.

Norint sukurti gerovės valstybę, būtina gerinti jos infrastruktūrą, didinti būsto prieinamumą naujoms šeimoms. Nudingųjų iškasenų gavyba kaip tik ir tarnauja bendrai tautos gerovei. Visuomenė negali gyventi nenaudodama gamtos išteklių, todėl naudingųjų iškasenų gavyba yra neišvengiamas procesas.

Bet kokios naudingosios iškasenos turi ribotą (baigtinį) kiekį ir apibrėžtą vietą žemės plutoje ir tuo jos yra unikalios. Jų sankaupos ir telkiniai yra išskirtiniai saugotini gamtos objektai. Dėl jų svarbos visuomenei ir valstybei šie telkiniai galėtų turėti naudojimo prioritetą kitų gamtos komponentų atžvilgiu.

KIETŲ NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ IŠTYRIMO LYGMENS KLASIFIKAVIMAS

Pagal naudingųjų iškasenų sankaupų ištyrimo lygmenį išskiriamos trys kategorijos: prognoziniai, parengtiniai ir detalieji išžvalgyti ištekliai.

Prognoziniai ištekliai – tai tikėtini perspektyvių teritorijų / plotų naudingųjų iškasenų ištekliai. Šių ribotuose plotuose aptiktų naudingųjų iškasenų kiekis ir kokybė yra nustatyti remiantis paieškų požymiais (geologiniais ir negeologiniais), taip pat bent vienu tiesioginio arba distancinio geologinio tyrimo rodikliu. Šių išteklių plotų ribos yra grindžiamos geologine ekstrapoliacija.

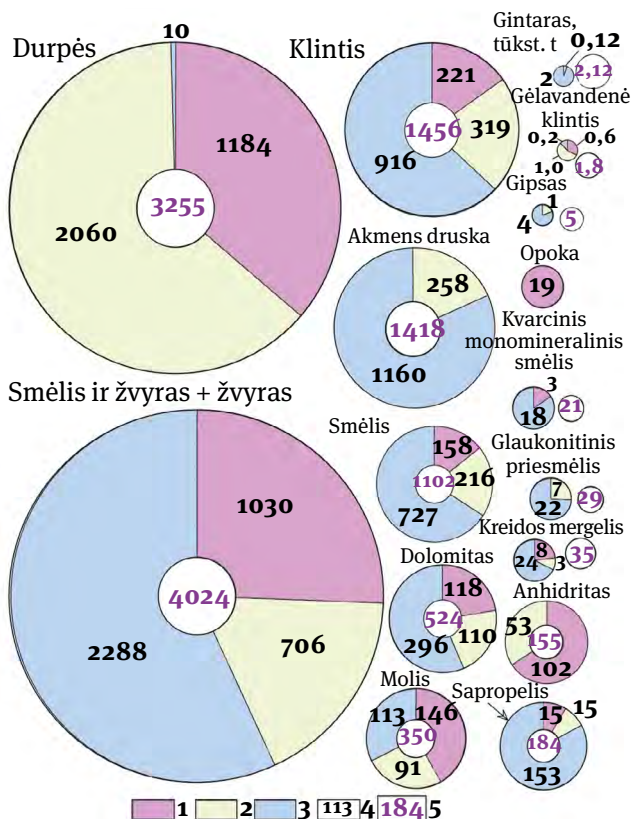
Parengtiniai išžvalgyti ištekliai – tai telkinio arba jo dalies naudingųjų iškasenų ištekliai, kurių kiekis, kokybė, technologinės savybės, hidrogeologinės, kasybos ir kitos sąlygos yra pakankamai iširtos, kad būtų galima atlikti pirminį poveikio aplinkai vertinimą ir apskaičiuoti ekonominę jų vertę. Pagrindiniai šių išteklių rodikliai, kurie lemia kasybos ir naudingosios iškasenos perdirbimo būdo pasirinkimą, nustatomi tiesioginiais matavimais ir tyrimais, taip pat naudojant ekstrapoliaciją, pagrįstą kitų tiesioginių bei distancinių tyrimų duomenimis arba analogija su detaliai išžvalgytais telkiniais.

Detaliai išžvalgyti ištekliai – tai telkinio arba jo dalies naudingųjų iškasenų ištekliai, kurių kiekis, kokybė, technologinės savybės, hidrogeologinės, kasybos ir kitos slūgsojimo sąlygos yra pakankamai iširtos, kad turimų duomenų pakaktų naudojimo planui sudaryti. Pagrindiniai detalčiai išžvalgytų išteklių rodikliai, naudojami naudingosios iškasenos kasybos ir perdirbimo objektų statybos projektiniams sprendimams priimti bei planuojamos gavybos poveikiui gamtinei aplinkai įvertinti, nustatomi tiesioginiais matavimais ir tyrimais atitinkamu tinklu bei naudingojo klodo ribose, taip pat naudojant ribotą ekstrapoliaciją, pagrįstą geologiniais, geofiziniais, geocheminiais ir kitais duomenimis.

LIETUVOJE RANDAMOS NERŪDINĖS NAUDINGOSIOS IŠKASENOS IR JŲ PANAUDOJIMAS

Lietuvoje įvairiu lygiu iširta 16 rūšių nerūdinių naudingųjų iškasenų. Tai akmens druska, anhidritas, dolomitas, durpės, gėlavandenė klintis, gintaras, gipsas, glaukonitinis priesmėlis, klintis, kreidos mergelis, kvarcinis monomineralinis smėlis, molis, opoka, sapropelis, smėlis ir žvyras. 921 telkinys yra išžvalgytas detalčiai, 1 192 – parengtiniai išžvalgyti telkiniai, 504 išaiškinti prognoziniai plotai (3 pav.). Naudoti galima tik detalčiai išžvalgytų telkinių išteklius. Visus šiuos vertingus žemės gelmių išteklius aptiko ir išžvalgė Lietuvos geologai, kartografuodami žemės gelmes, vykdydami tikslines paieškas ir naudingųjų iškasenų telkinių

NEMETALINĖS NAUDINGOSIOS IŠKASENOS



3 pav. Nemetaliųjų naudingųjų iškasenų rūšys ir kiekiai (2025 01 01 Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos duomenys): 1 – detalieji išžvalgyti išteklių, 2 – parengtiniai išžvalgyti išteklių, 3 – prognoziniai išteklių (mln. m³) (gintaro – tūkst. t), 4 – išteklių kiekis (mln. m³), 5 – bendri visų kategorijų išteklių (mln. m³).

žvalgybą. Tai itin svarbus darbas visuomenės poreikiams tenkinti ir valstybės egzistavimui užtikrinti.

Nėra detalieji išžvalgyti tik akmens druskos, devono periodo gipso ir gintaro telkiniai. Akmens druskos klodai kol kas nėra detalieji išžvalgyti, nes jie slūgso gana giliai. Gipso telkinys parengtiniai išžvalgytas Pasvalio rajono intensyvaus karsto zonoje. Čia įrengiant karjerą tektų sausinti jo kloadą, vandens išsiurbimas sukurtų požeminio vandens depresijos zoną su gerokai didesniu vandens srauto greičiu, o tai paskatintų karstinių reiškinių vystymąsi. Parengtiniai išžvalgytas Juodkrantės gintaro telkinys yra Kuršių mariose ir patenka į saugomą teritoriją. Tokioje aplinkoje naujų naudingųjų iškasenų telkinių įsisavinimas negalimas.

Lietuvoje turime pakankamai svarbiausių plačiausiai naudojamų naudingųjų iškasenų. Tai daugiausia yra kasdienės naudingosios iškasenos, naudojamos žmonių gerovei kurti: žvyras, smėlis, molis, uolinės padermės skaldai trupinti, klintis, molis, opoka cementui gaminti. Jų ir sunaudojama daugiausiai. Gausiai randama ir durpių, kurios pastaruoju metu vis plačiau naudojamos augalų auginimo terpės gamybai. Tai itin svarbi iškasenų rūšis, nes be organinės medžiagos iš nuolat naudojamo ir alinamo dirvožemio negalima tikėtis pakankamo kiekio maisto sparčiai gausėjančiai žmonijai.

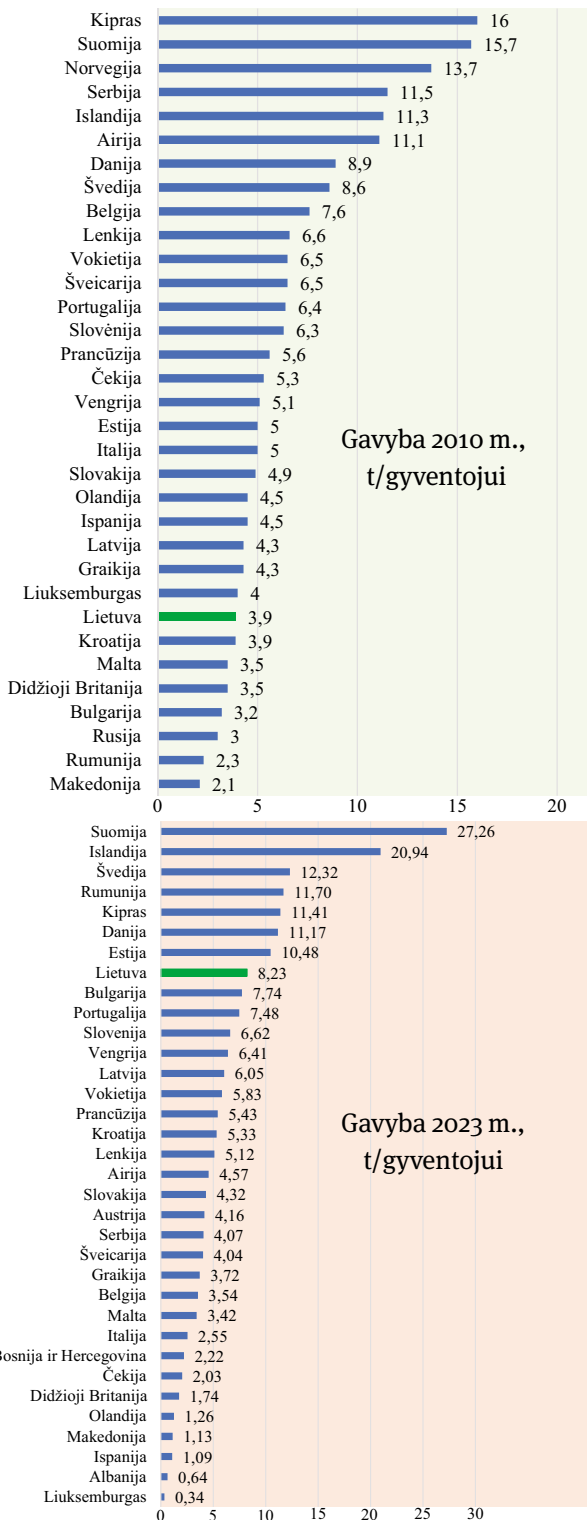
Iš viso detaliai ir parengtiniai išžvalgytų bei prognoziinių nerūdinių iškasenų išteklių Lietuvos žemės gelmėse priskaičiuojama 12,80 mlrd. m³ (tarp jų menkas gintaro kiekis yra nurodytas tonomis). Iš jų 3,004 mlrd. m³ yra išžvalgyta detaliai, o parengtiniai išžvalgyti telkiniai sudaro 3,842 mlrd. m³. Daug tai ar mažai – sunku pasakyti. Viskas priklauso nuo poreikio ir statybų technologijų kaitos. Dar visai neseniai buvo plačiai naudojamos statybinės medžiagos iš molio, tačiau, pasikeitus statybų technologijai, tokio molio poreikis išnyko ir iki tol veikusios statybinių keraminių dirbinių gamybos įmonės užsidarė.

Detaliai išžvalgytų telkinių ištekliai yra įvertinami kaip valstybės turtas, kuris įtrauktas į Žemės gelmių išteklių registro tvarkytojo – Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos – balansą. Šios institucijos 2024 09 30 d. pateiktoje finansinės būklės ataskaitoje detaliai išžvalgytų mineralinių išteklių vertė sudaro 1,434 mlrd. eurų.

Lietuvoje didžioji šių iškasenų dalis sunaudojama statybose ir statybinių medžiagų gavybai. Valstybės ekonominio išsivystymo lygis nulemia šių medžiagų poreikį. Kuo daugiau valstybė sugeba jų panaudoti, tuo geresnės gyvenimo sąlygos sukuriamos visuomenei. Jos yra santykinai pigios, todėl sunaudojamos ten, kur iškasamos. Akivaizdus rodiklis yra statybinių užpildų iškasimo kiekis vienam gyventojui (4 pav.).

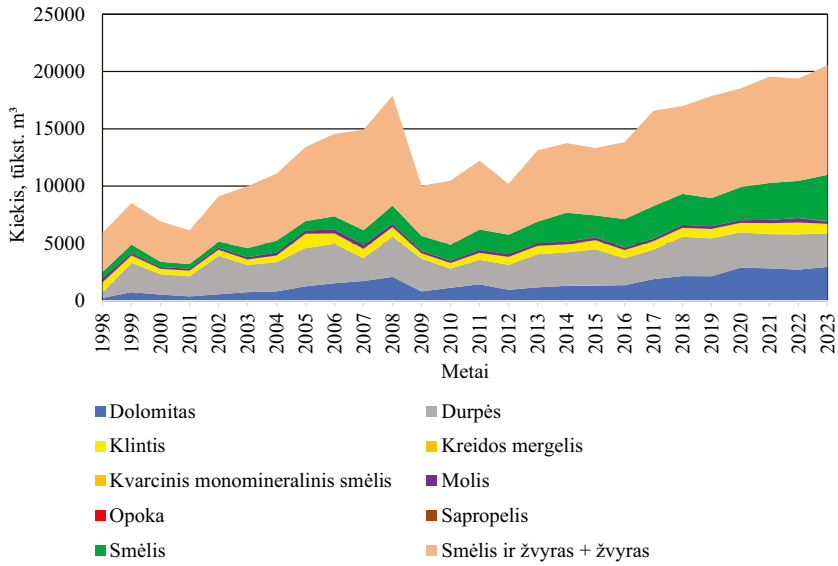
Europos šalyse statybinių užpildų (smėlio, žvyro ir skaldos) iškasimo kiekiai, tenkantys vienam gyventojui, labai skiriasi. Šie skirtumai atspindi skirtingą infrastruktūros plėtros tempą, urbanizacijos lygį ir ekonominius veiksnius. Matoma akivaizdi tendencija, kad daugelyje šalių šių žaliavų gavyba per 13 pastarųjų metų gerokai išaugo. Viena iš priežasčių yra ta, kad 2010 m. gavybos apimtims įtakos turėjo po 2008 m. pasaulinės bankų griūties ir prasidėjusios recesijos neatsigavusi šalių ekonomika. Lietuvoje statybinių užpildų gavyba nuo 3,9 t vienam gyventojui 2010 m. išaugo iki 8,23 t 2023 metais. Mūsų šalyje tam turėjo įtakos kelių tiesimo ir kitų statybų mastai.

Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos apskaitos duomenimis, visų naudingųjų iškasenų gavyba per pastaruosius 26 metus (1998–2023 m.) išaugo nuo 5 933 tūkst. m³ iki 20 546 tūkst. m³,



4 pav. Statybinių užpildų (smėlio, žvyro, uolinių padermių skaldai gaminti) gavybos apimtys Europos šalyse 2010 m. (pagal Europos statybinių užpildų asociacijos generalinio sekretoriaus Dirko Fincke'o pranešimą 2012 m. I Baltijos statybinių užpildų gamintojų suvažiavime (https://www.reportlinker.com/dataset/f486c9eff44d1e13700aa984c9fo4ab5a9c9258f?utm_source=chatgpt.com)).

2 skyrius



5 pav. Naudingųjų iškasenų gavyba Lietuvoje 1998–2023 m. (Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos apskaitos duomenys).

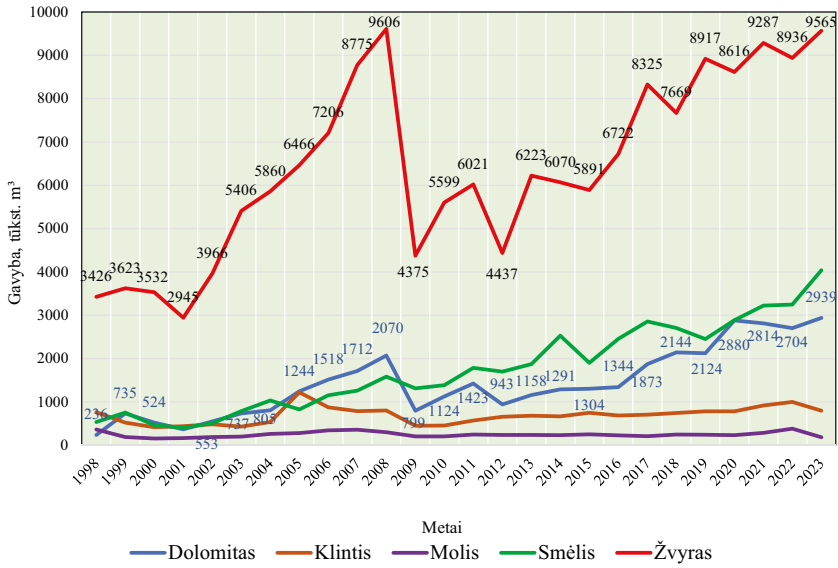
arba beveik 3,5 karto (5 pav.). Tai liudija spartų Lietuvos ekonomikos augimą ir visuomenės gerovės kilimą.

Tačiau minimu laikotarpiu gavyba augo netolygiai. Dėl pasaulinės 2008 m. ekonominės krizės 2009 m. staiga (apie 44 %) sumažėjo naudingųjų iškasenų gavybos apimtys. Nuosmukį šiek tiek amortizavo durpių gavyba, kurios poreikis pasaulinėse rinkose mažai tepakito, nes auginimo terpės poreikis nesumažėjo.

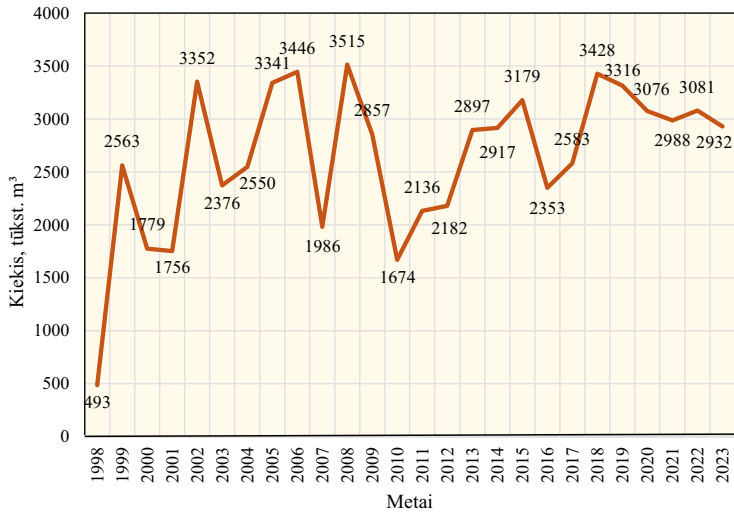
Statybinių medžiagų gamybai naudojamo smėlio, klinties gavybos apimtys smuko apie 51 %, žvyro – 54 %, o dolomito – net 61 % (6 pav.). Dalis kasėjų bankrutavo. Nuo 2010 m. Lietuvos ekonominė padėtis gerėjo: statybinių žaliavų gavybos apimtys bangavo, tačiau kryptingai didėjo. Dolomito gavyba pasiekė 2008 m. kiekį po 10 metų, o žvyro priartėjo prie 2008 m. lygio tik 2023 metais (6 pav.).

Per tą patį laikotarpį smarkiai kito durpių gavyba (7 pav.). Čia pasaulinės krizės poveikis atsispindėjo menkai. Durpių gavybos apimtys labai ryškiai lemia vasaros laikotarpio kritulių kiekis ir jo dažnumas. Nors ir negausus, bet dažnas lietus sudrėkina durpyną, tad išpurentos durpių gavybos laukuose durpės nespėja išdžiūti. Tokiais metais trupininių durpių (vyraujanti durpių gavybos technologija) surenkama nedaug. Todėl durpių gavybos apimtys yra nepastovios ir neatspindi nei rinkos poreikių, nei kasėjų galimybių.

NEMETALINĖS NAUDINGOSIOS IŠKASENOS



6 pav. Statybinių medžiagų gamybai naudojamų žaliavų gamybos apimtys Lietuvoje 1998–2023 metais. Žvyro ir dolomito gamybos apimtys pateiktos skaičiais (Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos apskaitos duomenys).



7 pav. Durpių gamybos apimtys Lietuvoje 1998–2023 m. (Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos apskaitos duomenys).

NAUDINGŪJŲ IŠKASENŲ IŠGAVIMO BŪDAI IR SĄLYGOS

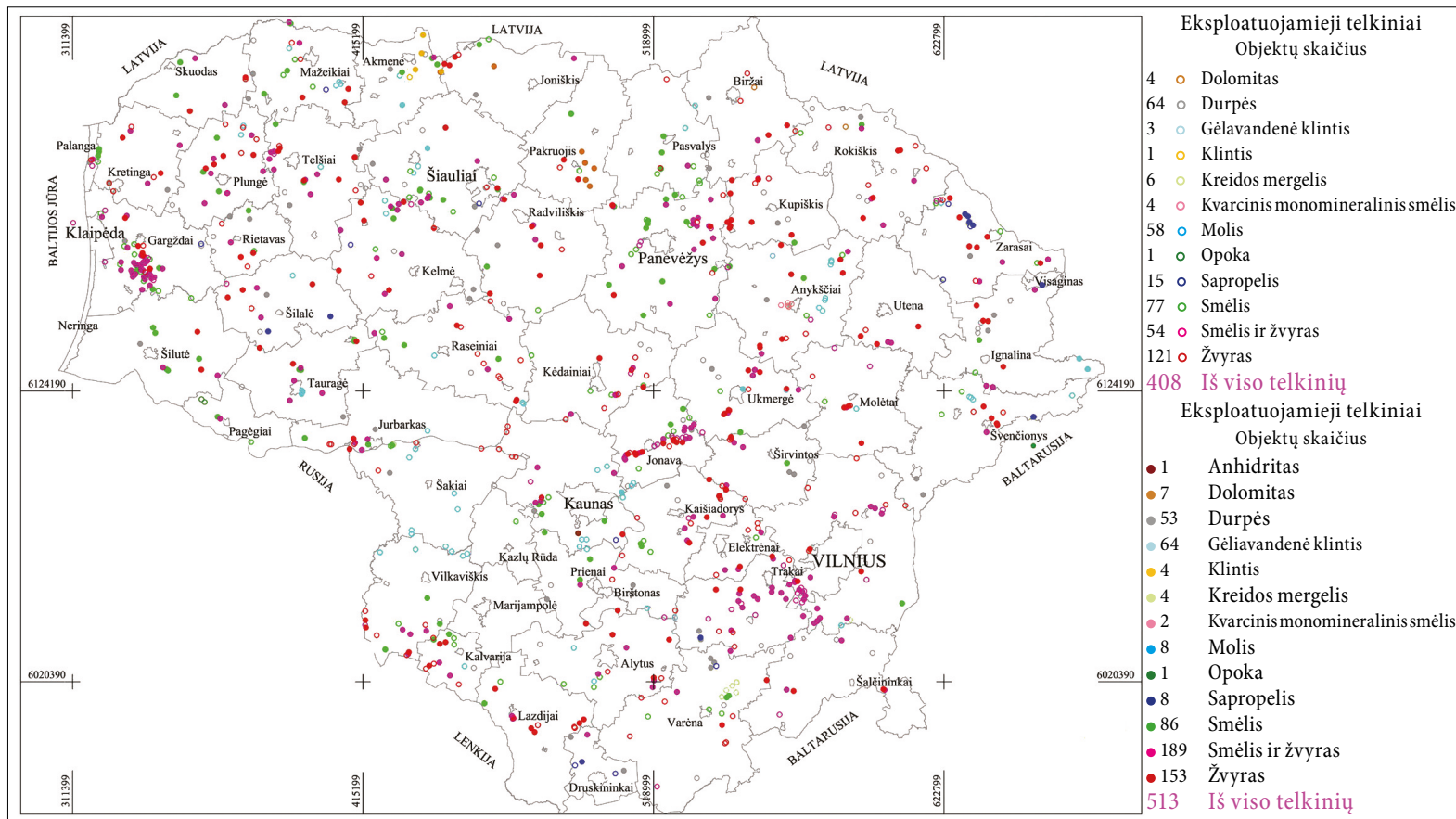
Naudingųjų iškasenų paėmimui iš žemės gelmių būtina sąlyga yra teisė disponuoti žeme. Priklausomai nuo naudingojo klodo slūgsojimo gylio yra taikomi skirtingi kasybos būdai. Nuo jų priklauso, koks reikalingas žemės plotas ištekliams iškasti. Požeminių kasyklų atveju žemės plotas gali būti santykinai mažas, palyginti su detaliai išžvalgyto klodo užimamu plotu žemės gelmėse. Lietuvoje kol kas suprojektuota tik viena Pagirių anhidrito telkinio, esančio apie 2 km piečiau Garliavos, požeminė kasykla. Šio telkinio kasybos sklypo plotas, apimantis 235,48 ha, yra giliau nei 300 m nuo žemės paviršiaus. Visa kasyklos infrastruktūra, reikalinga vertingiems ištekliams iš tokio gylio iškasti, sutelpa į 6 ha žemės sklypą.

Dabartiniu metu visos naudingosios iškasenos Lietuvoje yra išgaunamos žemės ar ežero paviršiaus atviruose karjeruose. Tokiu atveju, norint iškasti vertingus žemės gelmių išteklius detaliai išvalgytame telkinyje, kasybos įmonė turi disponuoti didesniu žemės sklypu nei telkinio plotas. Naudingasis klodas visada (išskyrus atvejus, kai jis yra vandens telkinio dugne) būna užklotas nenaudingumu ir padengtas dirvožemiu. Kai kada virš telkinio auga miškas. Norint iškasti giliau slūgsantį naudingąjį kloadą, reikia nuvalyti didesnę plotą, nei užima aprobuotų išteklių kontūras, turėti vietos dirvožemio ir mineralinio inertinio dangos grunto, kuriais vėliau formuojami iškasto karjero šlaitai ar padengiamas dugnas, sandėliavimui. Todėl racionaliam, t. y. pilnam, ribotų / baigtinių naudingųjų išteklių išgavimui lemiamas yra žemės plotų įgijimo veiksnys.

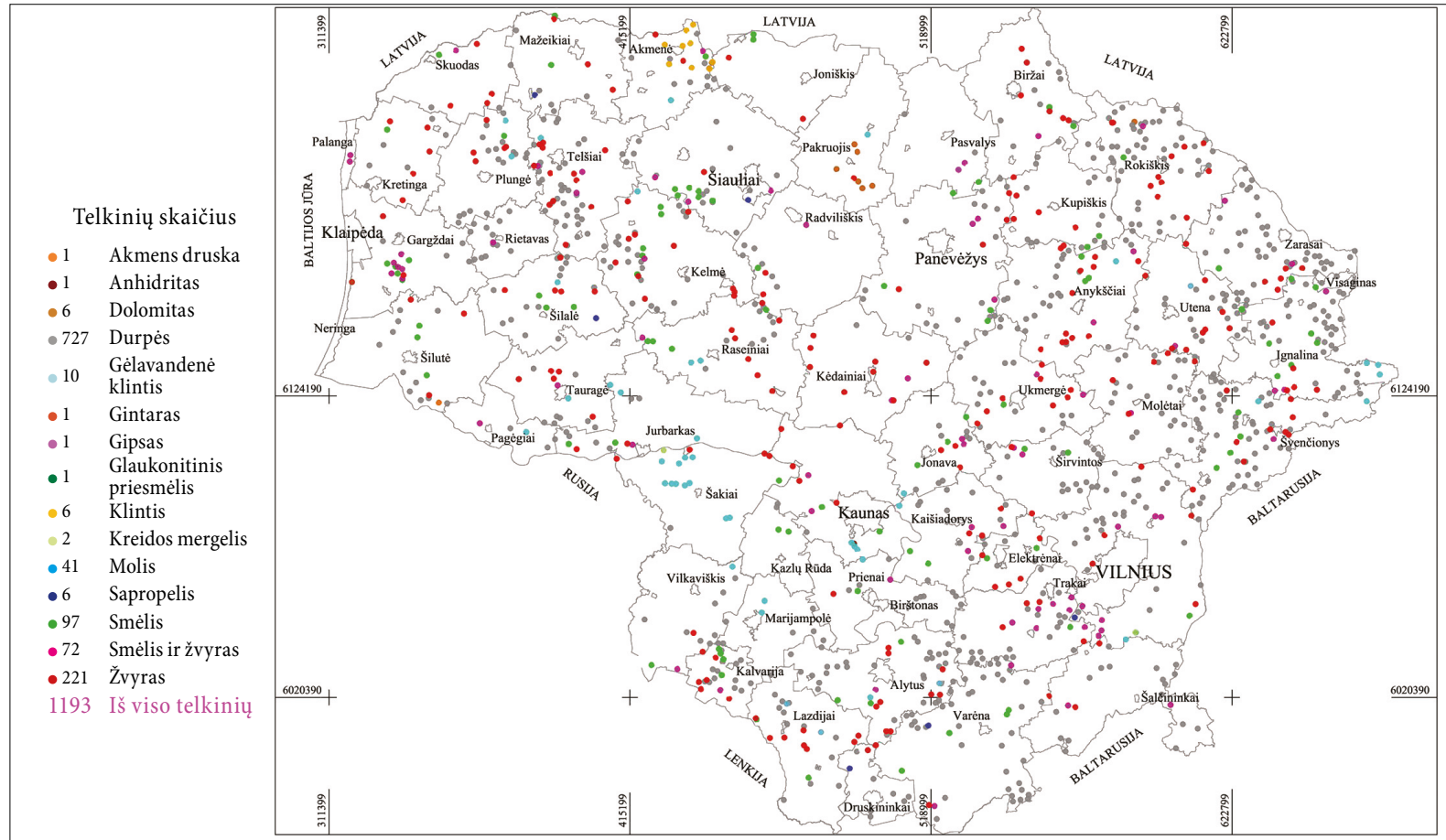
Siekiant patenkinti visuomenės poreikius, yra svarbus naudingųjų iškasenų telkinių teritorinis paplitimas ir jų užimamas plotas. Dauguma iškastinių žaliavų yra pigios, o kelių tiesimo ir statybų poreikiai – dideli, todėl svarbu turėti išteklių arti jų panaudojimo vietos, nes pervežimo transportu kaštai neretai būna daug didesni nei pačios žaliavos kaina. Šiuo metu visos iškasenos yra išgaunamos karjeruose, todėl telkinio teritorinė padėtis yra lemiantis veiksnys kasybos teisei gauti ir ją vykdyti (8, 9 pav.).

Detaliai ir parengtiniai išžvalgytų nerūdinių naudingųjų iškasenų telkinių išsidėstymas Lietuvoje netolygus. Pirmiausia tai lemia žemės gelmių sandara, o eksploatuojamų telkinių skaičių – ir regiono ekonominio vystymosi tempas, t. y. žaliavos paklausa.

Analizuojant žemės gelmių išteklių svarbą reikia suvokti, kokį plotą apima išaiškinti vertingi ištekliai (10 pav.). Detaliai išžvalgytų durpynų plotai yra 2,7 karto didesni nei visų kitų kartu sudėjus tokiu pat detalumu išžvalgytų naudingųjų iškasenų rūšių. Vertinant išteklių įsisavinimo

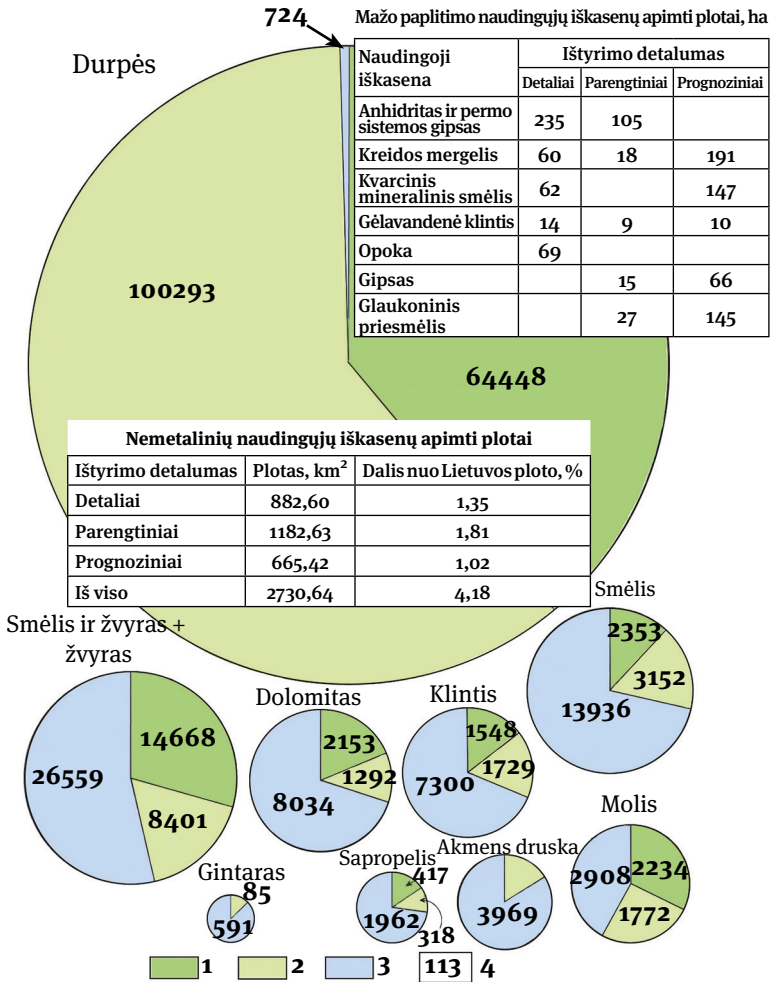


8 pav. Detaliai išžvalgytų ir eksploatuojamų naudingųjų iškasenų telkinių išsidėstymo planas.



9 pav. Parengtiniai išvalgytų naudingųjų iškasenų telkinių išsidėstymo planas.

NEMETALINĖS NAUDINGOSIOS IŠKASENOS



10 pav. Nemetalinių naudingųjų iškasenų žemės plotai (2024 01 01 Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos duomenys): 1 – detalieji išžvalgyti plotai, 2 – parengtiniai išžvalgyti plotai, 3 – prognoziniai plotai, 4 – plotas (ha).

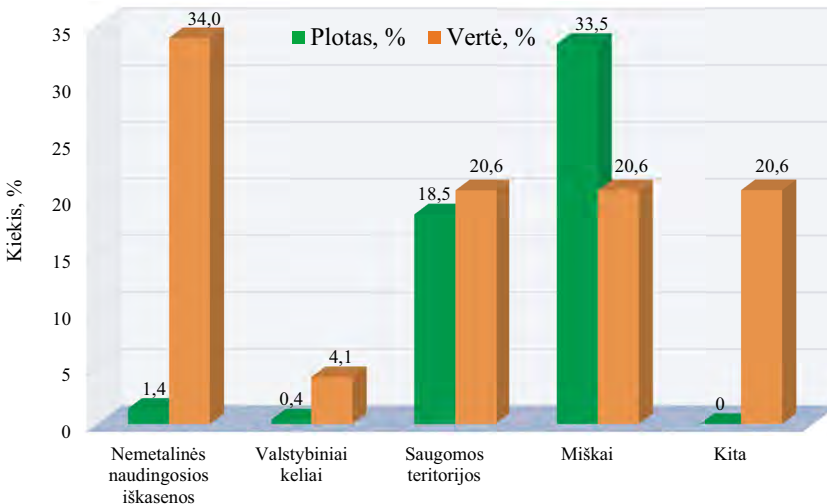
galimybes, šis plotų apskaitos faktas yra formalus, nes labai didelė durpynų dalis yra saugomose teritorijose ir miškuose, kur išteklių neprieinami naudojimui (apie šiuos veiksnius bus kalbama vėliau).

NERŪDINĖS NAUDINGOSIOS IŠKASENOS – VALSTYBĖS TURTAIS

Visi detalieji išžvalgytų telkinių išteklių vertinami kaip valstybės turtas. Tai reiškia, kad 1,35 % Lietuvos teritorijos ploto vertė prilygsta 1,4 mlrd.

eurų žemės gelmėse detaliai išžvalgyto turto. Žinoma, reikia suvokti, kad jo vertė dar yra *in situ*, t. y. tam tikroje vietoje esantis dar nepanaudotas turtas. Iškastos žaliavos vertė išauga kelis kartus. Nepaisant to, nemetalinių naudingųjų iškasenų dalis Lietuvos valstybės turto struktūroje yra itin reikšminga (11 pav.). Nemetalinių naudingųjų iškasenų užimamas detalai išžvalgyto telkinio ploto vienetas sukuria 41 kartą didesnę valstybės turto dalį nei miško užimamas ploto vienetas, 23 kartus didesnę vertę – nei saugomų teritorijų ploto vienetas ir 2,5 karto didesnę vertę – nei valstybinių kelių ploto vienetas. Reikia suvokti, kad keliai nutiesti panaudojus iškastines žaliavas, o tai reiškia, kad šie infrastruktūros objektai be naudingųjų iškasenų neatsirastų.

Siekiant išsaugoti šį išskirtinį valstybės turtą, naudingųjų iškasenų plotai neturi būti užstatyti ar panaudoti kitoms reikmėms, kurios apribotų galimybę anksčiau ar vėliau panaudoti naudingųjų iškasenų telkinius (Satkūnas, Januška, 2014). Vertine išraiška apibūdinami tik detalai išžvalgyti žemės gelmių ištekliai. Atskirų rūšių parengtiniai išžvalgytų ir prognoziniai išteklių plotai daugeliu atvejų yra gerokai didesni už detalai išžvalgytus plotus (10 pav.). Šie ištekliai neapskaitomi valstybės turto balanse tik todėl, kad nėra pakankamai išžvalgyti. Tačiau parengtiniai išžvalgyti ir prognoziniai ištekliai sudaro naujų žaliavos šaltinių bazę ir šiuos plotus taip pat būtina išsaugoti ateities kartoms. Tai nebūtų skausminga, nes tokie plotai užima vos 1,81 % Lietuvos teritorijos (10 pav.).



11 pav. Nacionalinio turto sudedamųjų dalių vertės palyginimas su užimamu Lietuvos Respublikos plotu (pagal Satkūnas, Januška, 2014; Mačiekus, 2018).

ŽEMĖS GELMIŲ IŠTEKLIŲ PRIEINAMUMAS IR PRARADIMAS

Pateikti duomenys apie detaliai išžvalgytus naudingųjų iškasenų išteklius ir jų vertę liudija tik Lietuvos žemės gelmių prisotinimą ištekliais. Tačiau ne visi jie bus panaudoti visuomenės poreikiams tenkinti, nes valstybės bei savivaldybių politikai dažnai mato kitokius valstybės gerovę užtikrinančius prioritetus, atsietus nuo poreikio apsirūpinti kasdien naudojamais žemės gelmių ištekliais, kurie reikalingi įvairiems gaminiams ir statiniams.

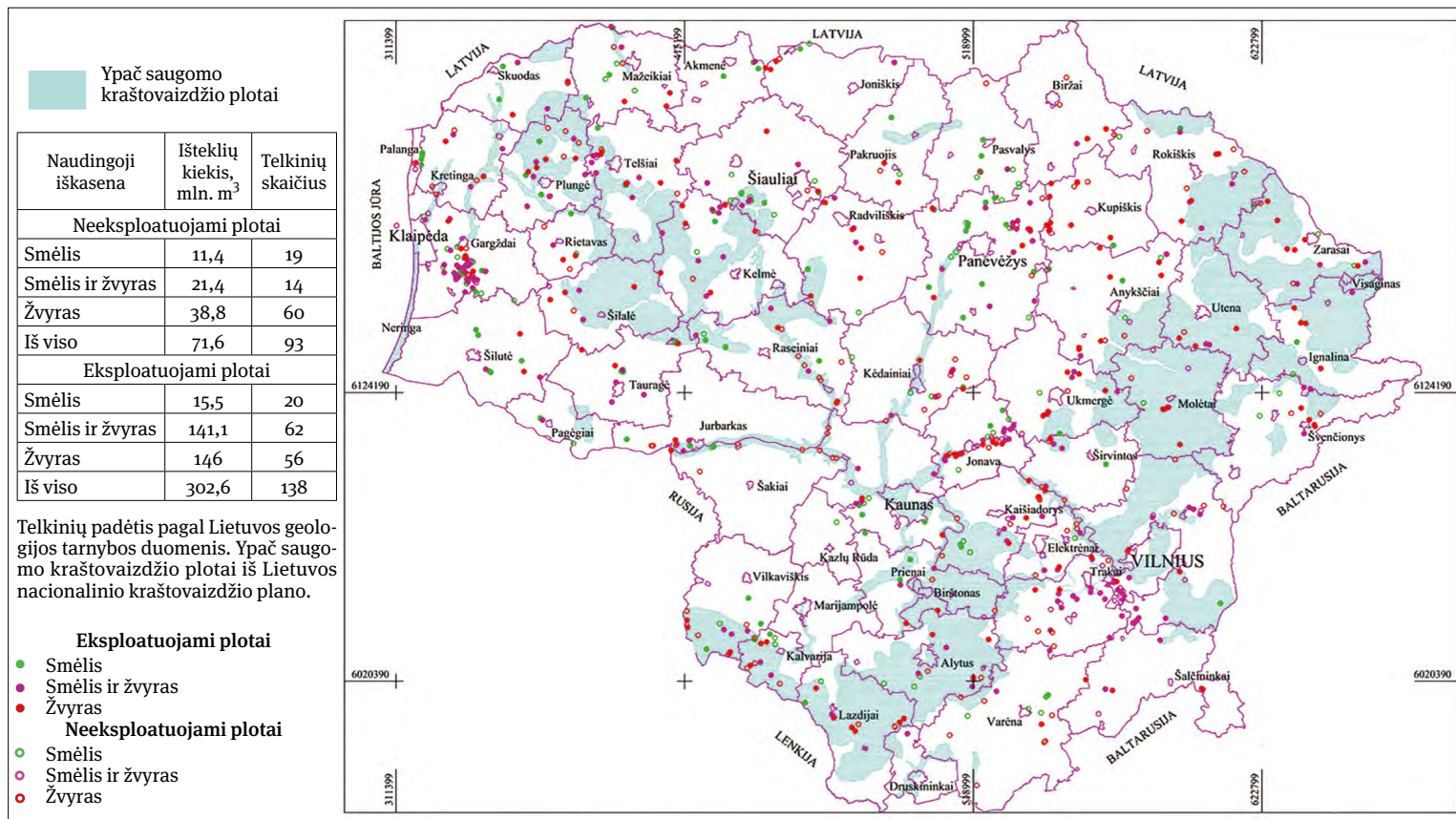
Suprantama, kad nauji karjerai negali atsirasti saugomose teritorijose. Pagal galiojančius teisės aktus įmonės gali baigti išteklių kasybą sklypuose, kuriems šis statusas buvo suteiktas iki saugomos teritorijos įsteigimo. Tačiau jų plėtra į telkinio dalį, kuri saugomos teritorijos steigimo metu buvo už kasybos sklypo ribos, negalima.

Kitas reikšmingas prieigos prie žemės gelmių išteklių apribojimas sietinas su aplinkos ministro patvirtinto Nacionalinio kraštovaizdžio tvarkymo plano nuostatomis. Kraštovaizdžio tvarkymo plane išskirti ypač raiškios ir vidutinės vertikalios sąskaidos atvirų ir pusiau atvirų erdvių kraštovaizdžio tipai (AI, AII, AIII, AIV ir BI), kuriuose turi būti užtikrintas kraštovaizdžio vizualinės struktūros išsaugojimas (Nacionalinis..., 2015). Tokioje aplinkoje draudžiama keisti reljefo formas, todėl karjerų įrengimas čia negalimas. Šie plotai apima 24,35 % Lietuvos teritorijos (12, 13 pav.). Juose atsidūrė nemaža dalis detaliai ir parengtiniai išžvalgytų smėlio ir žvyro telkinių.

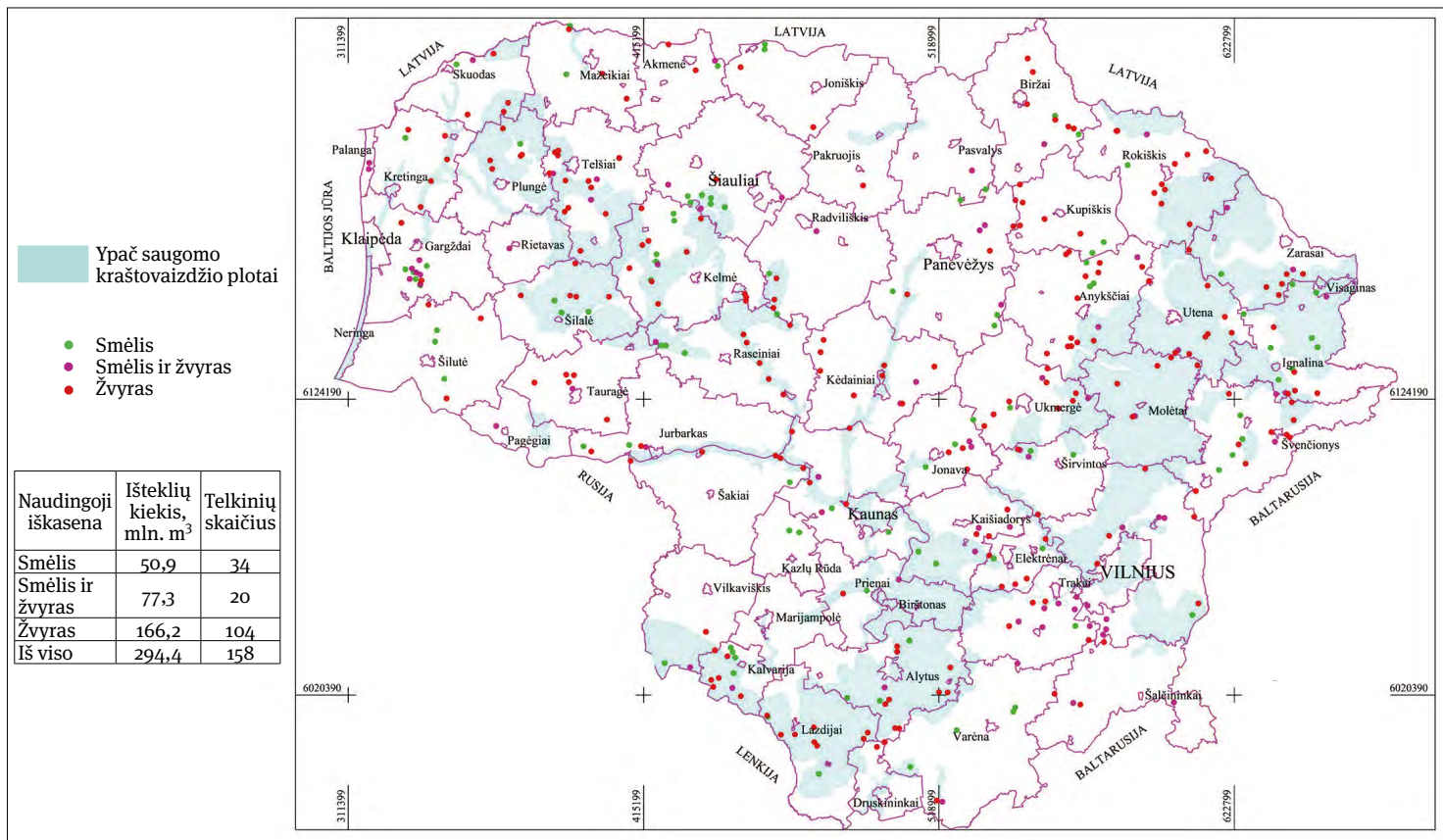
Ne visi ypač išraiškingo kraštovaizdžio plotai patenka į saugomas teritorijas, nes pastarųjų dalis yra jokios ypatingos raiškos neturinčiose lygumose. Visgi tai skauda netektis dėl prarastų galimybių panaudoti labiausiai Lietuvoje paklausius žvyro ir smėlio išteklius. Taip jau nutiko, kad šios nuogulos buvo suklotos ledyno tirpsmo vandenių pakraštiniėje jo zonoje arba suneštos upių ledynmečiui pasibaigus į jų terasas. Dabar tai – labiausiai išraiškingi kraštovaizdžiai.

Kitos svarbios Lietuvai naudingosios iškasenos kaip dolomitas, klinčis, molis, kvarcinis monomineralinis smėlis, opoka, anhidritas, durpės aptinkamos lygumose, kur vyrauja žemos estetinės vertės kraštovaizdžiai, todėl nėra problemų jose įrengti karjerus. Tačiau kaip aprūpinti Lietuvos ūkį gausiai naudojamais smėlio ir žvyro ištekliais, jei gamta prieleidinėse ir moreninėse lygumose retai kur juos suklojo. Išimtį sudaro fluvioiglacialinių deltų ir zandrų plotai Klaipėdos, Jonavos, Trakų, Kauno, Kupiškio rajonuose.

Ypač saugomo kraštovaizdžio plotuose iki jame įteisintų apribojimų įsigaliojimo 2015 m. buvę karjerai, kaip ir kito rango saugomose teritorijose, bus baigiami eksploatuoti. Tačiau jų plėtra ar naujų karjerų įrengimas čia negalimas, nors tokio draudimo motyvacija neaiški. Ypač saugomuose kraštovaizdžiuose smėlio ir žvyro telkiniai yra taškiniai objektai.



12 pav. Detaliai išvalgytų ir eksploatuojamų smėlio ir žvyro telkinių išsidėstymo planas ypač saugomo kraštovaizdžio fone.

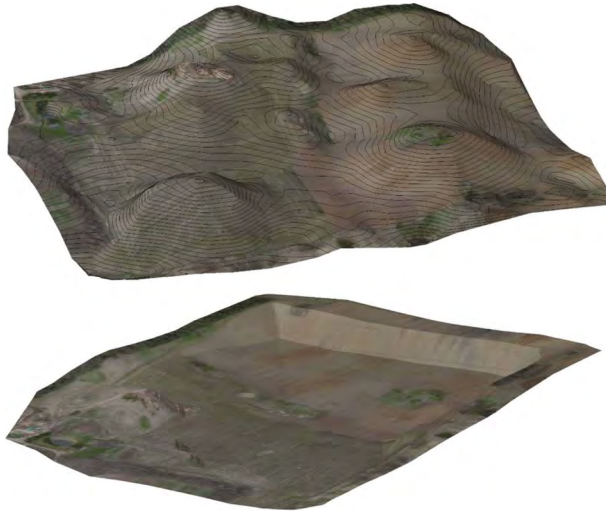


13 pav. Parengtiniai išvalgytų smėlio ir žvyro telkinių išsidėstymo planas ypač saugomo kraštovaizdžio fone.

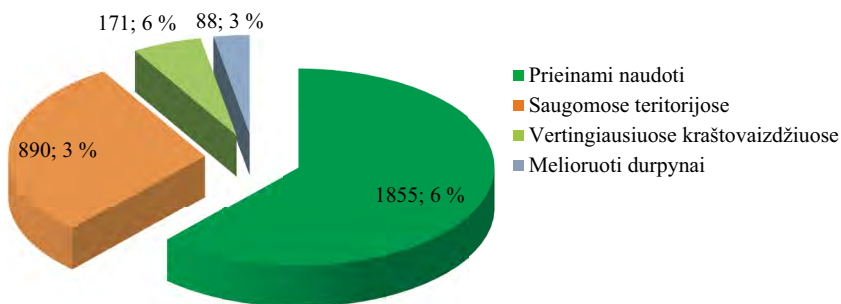
Šie kraštovaizdžiai aprėpia net 24,35 % Lietuvos teritorijos ir sudaro 15 804,17 km². Nepradėtų naudoti detalieji išžvalgytų smėlio ir žvyro telkinių bendras plotas užima tik 2,32 km², arba 0,01 % tokio kraštovaizdžio ploto, parengtiniai išžvalgytų telkinių plotas yra 80,19 km², arba 0,51 %. Tokia itin mažos aprėpties karjerų plėtra ypač saugomo kraštovaizdžio plačiam estetiniam vaizdui negali padaryti apčiuopiamo poveikio.

Karjero eksploatacija yra baigtinis procesas. Tai ne automobilių kelių, geležinkelių ar orinių elektros srovės perdavimo linijų tiesimas, kuris ilgam pakeičia aplinką. Nors vaizdingų kalvų vietovėse iškasto karjero vietoje susiformuoja gili dauba (14 pav.), aplinkos reljefo pobūdis nepakinta. Jis lieka kalvotas, o jo reljefo vertikalioji skaida paprastai padidėja. Kalvotose vietovėse gruntinis vanduo aptinkamas labai giliai, todėl rekultivuoti karjerai apsodinami mišku ir vietovės miškingumas padidėja. Visa tai didina vietovės estetinę vertę ir atitinka kraštovaizdžio vertės didinimo siekius. Vertėtų peržiūrėti šiuo metu galiojančius tokius draudimus, ribojančius prieigą prie žemės gelmių išteklių, nes jie lemia itin didelius praradimus (15, 16 pav.).

Naudojimui prieinami tik 62 % (1,855 mlrd. m³) detalieji išžvalgytų išteklių, o iš parengtiniai ištirtų plotų tik 35 % teritorijos (1,35 mlrd. m³) būtų galima išžvalgyti ir paruošti gavybai. Dabartiniais duomenimis, 415,9 mln. eurų vertės detalieji išžvalgytų nerūdinių naudingųjų iškasenų išteklių plotai yra saugomose teritorijose ir naudojimui nepasiekiami. Vertingiausiuose kraštovaizdžiuose esantys 100,4 mln. eurų vertės



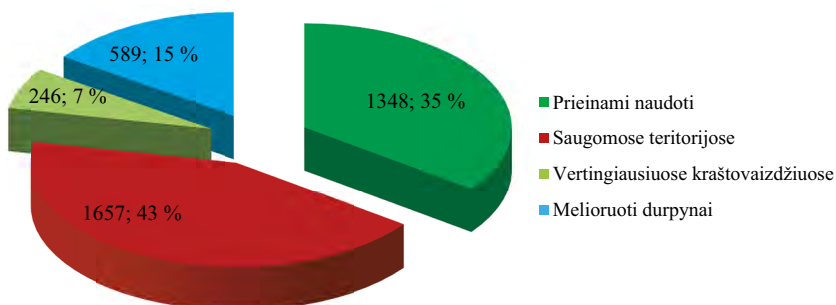
14 pav. Graužinių II žvyro telkinio Vilkaviškio rajone paviršiaus modelis iki kasybos pradžios (viršuje) ir iškasto karjero projektinis vaizdas prieš rekultivaciją (apačioje).



15 pav. Detaliai išžvalgytų nemetalinių naudingųjų iškasenų išteklių prieinamumo ir apribojimų santykio diagrama (mln. m³).

detaliai išžvalgyti ištekliai dar galėtų papildyti valstybės biudžetą ir teikti naudą visuomenei, nes išekspluatuoti ir tinkamai sutvarkyti karjerai tik padidina vietovės biologinę įvairovę. O melioruotuose durpynuose vis dar apskaitomus Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos balanse sunykusius 215,1 mln. eurų vertės durpių išteklius reikėtų išbraukti iš apskaitos.

Į saugomas teritorijas patenka tik septynios detaliai išžvalgytų nemetalinių naudingųjų iškasenų rūšys, o prie parengtiniai išžvalgytų šios grupės telkinių priskirti dolomito gavybos plotai (1 lentelė). Santykinai daugiausiai į saugomas teritorijas įtraukta gėlavandenių klintių (77,8 %) ir durpių išteklių (67,6 %). Gėlavandenė klintis nėra naudojama dėl labai mažų telkinių, kurių dauguma yra ežerų pakrantėse, o žaliava – prastos kokybės. Dirvoms kalkinti naudojama geresnės kokybės klintis iš permo sluoksnių Akmenės rajone, todėl Lietuvos žemės ūkiui nekyla problemų dėl prarandamų gėlavandenės klinties išteklių.



16 pav. Parengtiniai išžvalgytų nemetalinių naudingųjų iškasenų išteklių prieinamumo ir apribojimų santykio diagrama (mln. m³).

2 skyrius

1 lentelė. Nemetalinųjų naudingųjų iškasenų išteklių dalis saugomose teritorijose

Naudingosios iškasenos rūšis	Detaliai išžvalgyti (mln. m ³)			Dalys, kurią galima panaudoti (%)	Parengtiniai išžvalgyti (mln. m ³)			Dalys, kurią galima panaudoti (%)
	Iš viso	Iš jų saugomose teritorijose	Iš jų galima panaudoti		Iš viso	Iš jų saugomose teritorijose	Iš jų galima panaudoti	
Dolomitas					110	31	79	71,7
Durpės	1 184	800	384	32,4	2 060	1259	801	38,9
Gėlavandenė klintis	0,59	0,46	0,13	22,2	0,12	0,12	0,0	0,0
Molis	146	12	134	91,9	91	19	71,6	79,0
Sapropelis	15	2	13	86,9				
Smėlis	158	17	141	89,5	216	56	160	74,0
Smėlis ir žvyras	663	12	651	98,2	235	40	195	83,0
Žvyras	367	47	320	87,2	471	250	221	46,8
Iš viso	2 534	890	1 644		3 184	1 656	1 528	

Saugomos pelkės itin svarbios dėl jose klestinčios gausios biologinės įvairovės bei kritulių vandens nuotėkio reguliavimo. Todėl suprantama, kodėl apie 67,6 % anksčiau detaliai išžvalgytų ir 61,1 % parengtiniai išžvalgytų išteklių yra įtraukti į saugomas teritorijas (1 lentelė). Kitų naudingųjų iškasenų (molio, sapropelio, smėlio ir žvyro) išteklių tik nedidelė dalis yra saugomose teritorijose, išskyrus parengtiniai išžvalgytus žvyro telkinius (1 lentelė).

Durpių klodų specifika, lyginant su mineralinėmis naudingosiomis iškasenomomis, yra ta, kad organinė medžiaga, patekusi į aeracijos zoną ir gavusi deguonies, pradeda mineralizuotis. Organinė medžiaga nyksta, mineralinių dalelių dalis gausėja, durpių klodas plonėja. Lietuvoje labai dideli žemapelkių plotai sovietmečiu buvo nusausti ir paversti sukultūrintomis pievomis bei ariamomis žemėmis. Tokie durpių klodai itin reikšmingai pakito.

2008 m. atlikti papildomi geologiniai tyrimai detaliai išžvalgytame Naujienų durpių telkinyje rodo, kad žemapelkinis durpių klodas reikšmingai sunyko (Juozapavičius ir kt., 2008). Tirtame plote vidutinė durpių skaida dėl mineralizacijos nuo buvusios 1955 m. nenusausintoje pelkėje 36 % padidėjo iki 42 % 2008 m., o vidutinis pelenų kiekis – nuo 18,4 iki 29,7 %. Vidutinė klodo drėgmė sumažėjo nuo 82,89 iki 66,1 %. Tirtoje durpyno dalyje buvęs pramoninio storio durpių plotas sumažėjo net penkis kartus – nuo 492,17 iki 97,76 ha, o išteklių kiekis sunyko 7 kartus – nuo buvusio 5 560 tūkst. m³ iki 790 tūkst. m³. Dėl itin suprastėjusios žaliavos kokybės eksploatuoti tokių durpynų išteklius netikslinga.

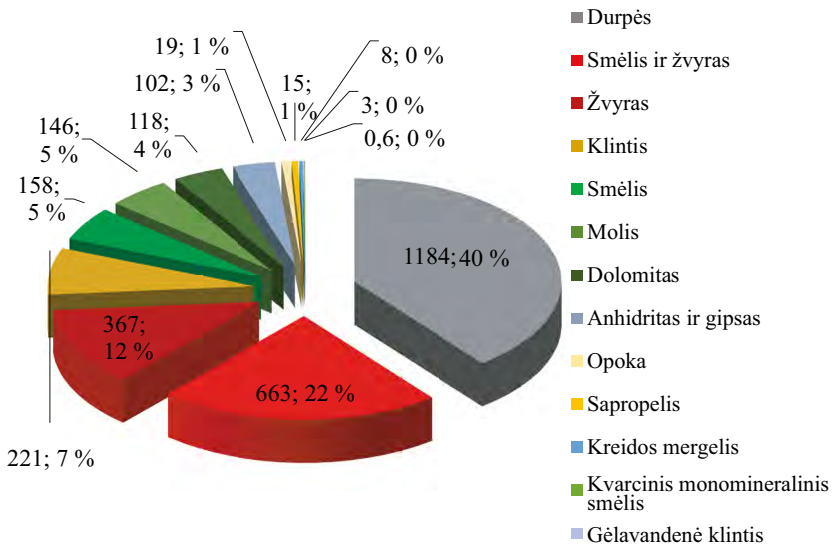
Šis pavyzdys rodo itin ryškius durpių išteklių kokybės bei kiekio pokyčius melioruotose žemapelkėse. Mineralizuojantis organikai, t. y. jai

lėtai „degant“, į atmosferą patenka klimato atšilimą lemiantis gausus anglies dvideginio ir metano dujų kiekis.

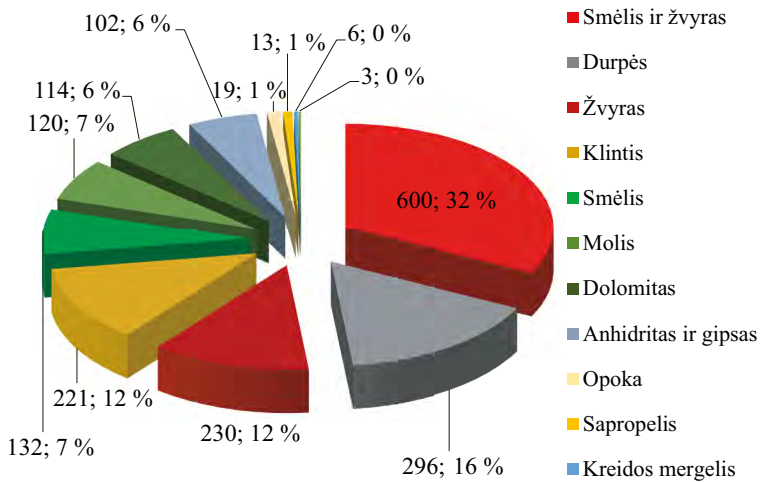
Visų nusausintų žemapelkių pastaruoju metu papildomai niekas netyrė, todėl Žemės gelmių registre apskaitomi tokių telkinių išteklių kiekiai yra nebetikslūs, t. y. nurodyti gerokai didesni, negu yra iš tikrųjų. Norint įvertinti tikruosius potencialius pramoninei gavybai tinkančius durpių išteklius, būtina iš jų išbraukti melioruotų durpių telkinių plotus. Detaliai išžvalgytų melioruotų durpių telkinių ar jų dalių plotai apima apie 11,76 tūkst. ha, o apskaitomas Žemės gelmių registre išteklių kiekis sudaro apie 88 mln. m³. Tarp parengtiniai išžvalgytų durpių telkinių melioruotos žemės apima 181 tūkst. ha, o Žemės gelmių registre apskaitomas išteklių kiekis kartu su patenkančiais į saugomas teritorijas sudaro apie 928,8 mln. m³.

Įvertinus visus aptartus nemetalinių naudingųjų iškasenų telkinių panaudojimo apribojimus saugomose teritorijose ir ypač saugomo kraštovaizdžio arealuose bei išbraukus sunykusius durpynus melioruotose žemėse, apsirūpinimo naudojamais ir perspektyviais (parengtiniai išžvalgytais) ištekliais lygis bei išteklių struktūra ryškiai pakinta (17, 18 pav.). Šių išteklių kiekis faktiškai yra net keturis kartus mažesnis.

Tarp naudojimui prieinamų daugiausiai turime birių naudingųjų iškasenų (smėlio ir žvyro). Bendras detaliai išžvalgytų šių naudingųjų iškasenų kiekis sudaro 962 mln. m³, arba 51 % visų rūšių išteklių. Tai itin svarbus



17 pav. Detaliai išžvalgytų nemetalinių naudingųjų iškasenų išteklių struktūra 2024 m. pabaigoje (mln. m³). (Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos duomenys).



18 pav. Detaliai išžvalgytų nemetalinių naudingųjų iškasenų išteklių, prieinamų naudojimui, struktūra 2024 m. pabaigoje (mln. m³).

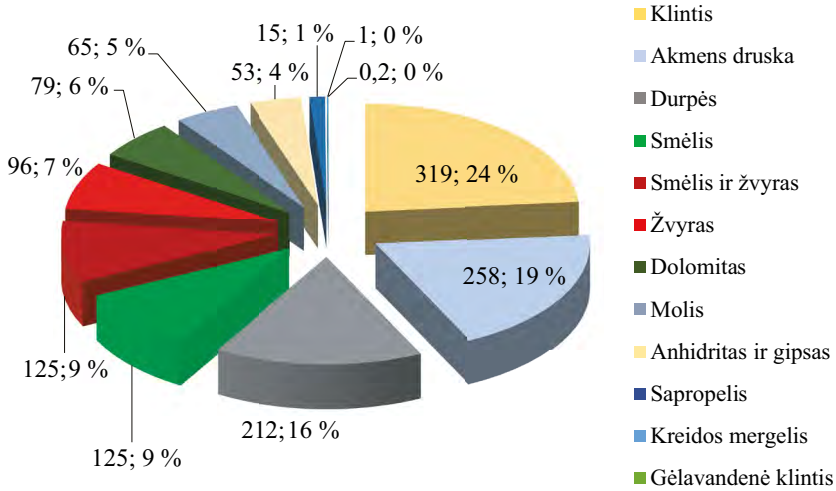
rodiklis, nes šių naudingųjų iškasenų poreikis yra didžiausias (5 pav.). Vien 2023 m. šių žaliavų buvo iškasta 13,6 mln. m³.

Pagal dabartiniu metu vykdomos naudingųjų iškasenų gavybos apimtis, Lietuvos ūkis yra pakankamai aprūpintas prieinamais naudoti žemės gelmių ištekliais. Tačiau jau netrukus deficitu gali tapti unikalus, itin švarus tik Anykščių rajone kasamas kvarcinis monomineralinis smėlis. Tokios kokybės smėlio nėra nei kitur Lietuvoje, nei kitose Baltijos ir Skandinavijos šalyse.

Valstybė ir visuomenė naudoja žemės gelmių išteklius, gerindama susisiekimo infrastruktūrą ir vykdydama įvairių statybų veiklą. Senkančių žemės gelmių išteklių baziniam lygiui palaikyti būtina nuolat atnaujinti detaliai išžvalgytų išteklių kiekį. Patikimiausi naudingųjų iškasenų šaltiniai yra parengtiniai išžvalgyti naudingųjų iškasenų telkiniai (19 pav.).

DETALIAI IŠŽVALGYTŲ NEMETALINIŲ NAUDINGŪJŲ IŠKASENŲ REGIONINIS PASISKIRSTYMAS

Nemetalinių naudingųjų iškasenų telkiniai yra labai netolygiai išsidėstę valstybės teritorijoje (8, 9 pav.). Tai lemia Lietuvos žemės gelmių sandara. Visi detaliai išžvalgyti naudingųjų iškasenų telkiniai, išskyrus Pagirių anhidrito telkinį, yra pasiekiami eksploatuoti karjeriais. Prekvartero nemetalinių naudingųjų iškasenų telkiniai aptinkami ir eksploatuojami Šiaurės Lietuvos lygumų plotuose, Pagėgių savivaldybėje Nemuno žemupio lygumoje,

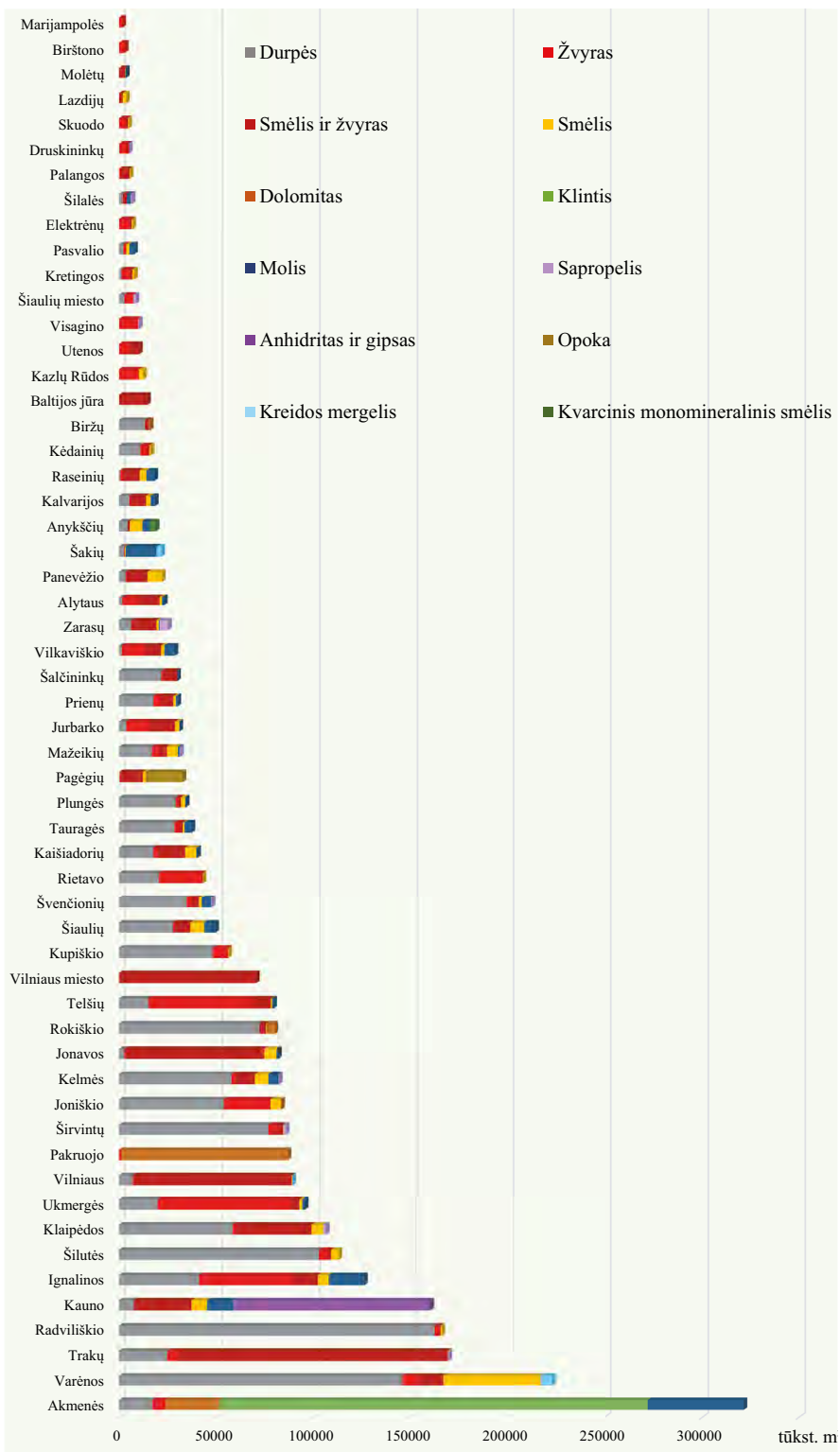


19 pav. Parengtiniai išžvalgytų detaliam tyrimui prieinamų nemetalinių naudingųjų iškasenų išteklių struktūra 2024 m. pabaigoje (mln. m³).

Anyškčių rajone ir Ukmergės mieste Šventosios slėnyje, kur yra plona kvartero nuogulų danga. Tai visi klinties, dolomito, triaso ir devono periodų molio, kreidos periodo opokos ir neogeno periodo kvarcinio monomineralinio smėlio telkiniai. Primename, kad devono dolomito, permio klinties, triaso molio ir kreidos opokos klodai aptinkami dideliame plote, todėl šių rūšių naudingųjų iškasenų telkinių išteklių yra gausiausi, o karjerai didžiausi.

Visi kiti eksploatuojami naudingųjų iškasenų telkiniai (smėlio, žvyro, molio, durpių, sapropelio, gėlavandenės klinties) yra susiję su kvartero paskutinio apledėjimo ledyno tirpsmo metu suklotomis nuogulomis ir ankstyvajame poledynmetyje iki pat šių dienų upių perklostytomis nešmenimis. Durpių ir sapropelio telkinių atsiradimui ir jų turio gausėjimui turėjo įtakos holocene ledynui atsitraukus šylantis klimatas. Tokia žemės gelmių sandara lėmė labai skirtingą Lietuvos savivaldybių žemės gelmių apsirūpinimą vertingu turtu (20 pav.).

Geologų detaliam išžvalgytų visų rūšių nemetalinių naudingųjų iškasenų kiekiai atskirose savivaldybėse (išskyrus Neringos savivaldybę, kurios visa teritorija yra saugoma) kinta nuo 1,79 mln. m³ Marijampolės rajone iki 321,2 mln. m³ Akmenės rajone. Akmenės rajone šių gausų lemia visi Lietuvos permio klinties ir triaso molio išteklių bei menkas durpių, smėlio ir žvyro kiekis. Į turtingiausių savivaldybių penketuką pagal žemės gelmėse detaliam išžvalgytų išteklių kiekį, be Akmenės rajono, patenka Varėnos, Trakų, Radviliškio ir Kauno rajonai (20 pav.). Čia žemės gelmėse geologai detaliam išžvalgė nuo 160,4 mln. m³ išteklių Kauno rajone iki 222,8 mln. m³ Varėnos



20 pav. Detaliai išžvalgytų nemetaliųjų naudingųjų iškasenų telkinių išteklių savivaldybėse (2024 01 01).

rajone. Varėnos ir Radviliškio rajonuose lemiamą reikšmę turi durpynai, kurių ištekliai sudaro atitinkamai 146 ir 162,5 mln. m³. Trakų rajone žemės gelmių turtais daugiausia slypi detalieji išžvalgytuose smėlio ir žvyro bei žvyro telkiniuose, kuriuose bendras išteklių kiekis sudaro 144,6 mln. m³. Kauno rajone gausiausią turtais sudaro giliai žemės gelmėse esantys permio periodo Pagirių anhidrito ir gipso telkinio ištekliai (101,5 mln. m³) bei smėlio ir žvyro telkiniai (25,9 mln. m³).

Kai kuriose savivaldybėse (Neringos, Klaipėdos, Kauno, Panevėžio miestų) visai nėra detaliai ištirtų žemės gelmių išteklių. Pagal išžvalgytų išteklių kiekį skurdžiausios yra Marijampolės, Birštono, Molėtų, Lazdijų ir Skuodo savivaldybės (20 pav.). Jose detalieji išžvalgyti tik negausūs 1,8–4,9 mln. m³ kvarterio smėlio ir žvyro telkiniai. Tai lemia ne tik teritorijos geologinė sandara (Marijampolės savivaldybė), bet ir minėtų žaliavų poreikis, kuris yra sietinas su kelių infrastruktūros plėtra (Skuodo, Lazdijų rajonai), taip pat saugomos teritorijos (Birštono rajonas).

Išbraukus neprieinamus ir nebetinkamus naudoti detalieji išžvalgyti išteklius (patenkančius į saugomas teritorijas, esančius ypač vertingo kraštovaizdžio arealuose ir praradusius kokybę melioruotuose durpynuose), žemės gelmių ištekliais turtingiausių savivaldybių penketukas pasikeičia. Iš šios grupės savivaldybių išbraukiamos Varėnos ir Radviliškio savivaldybės, kuriose dideli durpinių pelkių plotai yra saugomi, o jų vietą užima Jonavos ir Pakruojo rajonų savivaldybės. Jonavos ir Trakų rajono teritorijose yra gausūs detalieji išžvalgyti smėlio ir žvyro bei žvyro telkiniai, o Pakruojo rajone yra didžiausi dolomito karjerai (21 pav.).

Iš visų naudojimui prieinamų detaliai išžvalgytų Lietuvos žemės gelmėse 1,67 mlrd. m³ išteklių Akmenės rajone slūgso beveik 1/5 viso turto. Tai akivaizdus įrodymas, kaip geologinės sandaros ypatybės, kai santykinai negiliai nuo paviršiaus atsiduria plačiai išplitę prekvarterio klinties, dolomito ir molio sluoksniai, gali nulemti regiono vystymąsi. Klintis ir molis – tai pagrindinės žaliavos cementui gaminti. Klintis tinka ir statybinių kalkių gamybai bei dirvų kalkinimui. Akmenės rajonas yra vienas svarbiausių kalnakasybos ir iškastų žaliavų perdirbimo centrų Lietuvoje.

Iškasamo smėlio ir žvyro bei žvyro naudojimui prieinamuose telkiniuose daugiausiai yra susikaupę Trakų, Jonavos, Vilniaus rajonų ir Vilniaus miesto teritorijose. Čia sukonzentruota apie 443 mln. m³ šios vertingos žaliavos, ir tai sudaro 54,4 % visos Lietuvos šios rūšies išteklių. Tokių gausių birių naudingųjų iškasenų telkinių išžvalgymą sąlygojo palankios geologinės sąlygos, nes tirpstant paskutinio apledėjimo ledynui piečiau Vilniaus ir į pietryčius nuo Trakų buvo sukloti stori prieledyninio zandro žvyringi klodai. Jonavos rajone gausias rupias nuogulas sunėšė stiprus ledyno tirpsmo vandens srautas, tekėjęs palei ledyno pakraštį nuo Anykščių link dabartinės Šventosios ir Neris upių santakos, kur tuo metu šis srautas



21 pav. Detaliai išžvalgytų naudojimui prieinamų nemetalinių naudingųjų iškasenų telkinių išteklių savivaldybėse (2024 01 01).

įtekėjo į prieliedyninį ežerą. Tokių srautų vagoje ir jų deltoje buvo sukloti šie vertinti žemės gelmių ištekliai.

Didelė naudingųjų iškasenų išteklių koncentracija savivaldybes daro turtingas, tačiau visuomenės priešiškas nusiteikimas dėl išteklių gavybos ir vietos savivaldų politikų siekis palaikyti šiuos dažniausiai nepagrįstus protestus gali sukelti išteklių pasiūlos stygių, nes kitose Lietuvos vietose detaliai išžvalgytų ir naudojamų prienamų smėlio ir žvyro telkinių išteklių nėra gausūs (21 pav.). Trylikoje savivaldybių (Pasvalio, Kretingos, Molėtų, Palangos, Šilutės, Joniškio, Plungės, Širvintų, Lazdijų, Šalčininkų, Kalvarijos, Šilalės, Prienu) bendras nemetalinių naudingųjų detalai išžvalgytų ir naudojamų prienamų išteklių kiekis kinta nuo 4,4 iki 9,7 mln. m³. Vienuolikoje savivaldybių (Mažeikių, Ukmergės, Jurbarko, Panevėžio, Baltijos jūroje, Vilkaviškio, Utenos, Raseinių, Alytaus, Biržų, Švenčionių) bendras nemetalinių naudingųjų detalai išžvalgytų ir naudojamų prienamų išteklių kiekis kinta nuo 10,4 iki 19,4 mln. m³. Dešimtyje savivaldybių (Kupiškio, Telšių, Anykščių, Kaišiadorių, Šakių, Šiaulių, Zarasų, Radviliškio, Kelmės, Ignalinos) bendras nemetalinių naudingųjų detalai išžvalgytų ir naudojamų prienamų išteklių kiekis kinta nuo 20,0 iki 27,0 mln. m³. Pastarosios grupės savivaldybėse, išbraukus naudojamų durpynų išteklius ir nebeturinčius paklausos kvartero periodo molio išteklius, daugiausiai naudojamų smėlio ir žvyro išteklių kiekis – gana skurdus (21 pav.).

Penkių mažiausiai turinčių detalai išžvalgytų telkinių išteklių savivaldybių teritorijose (Birštono, Visagino, Šiaulių miesto, Druskininkų ir Skuodo) bendras smėlio ir žvyro išteklių kiekis sudaro vos 1,3 mln. m³ (21 pav.). Didžiausią paklausą turinčių detalai išžvalgytų žvyro ir smėlio telkinių paplitimą nulėmė praeityje vykę geologiniai procesai, suformavę skirtingą žemės gelmių sandarą. Todėl savivaldybių apsirūpinimo jais netolygumas yra objektyvus faktas.

Užpildai iš smėlio ir žvyro, kurie daugiausiai naudojami kelių tiesimui ir taisymui bei kituose statybų darbuose, yra santykinai pigi žaliava, tačiau jų efektyviam panaudojimui turi įtakos pervežimo kaštai. Didėjant transportavimo atstumui, produkcija pabrangsta ir už tą pačią investicinę sumą atliekama mažiau darbų (nutiesiama mažiau kelių, pagaminama mažiau betono ir pan.).

NEMETALINIŲ NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ IŠTEKLIŲ PAPILDYMO ŠALTINIS

Parengtiniai išžvalgytų nemetalinių naudingųjų iškasenų telkinių plotai sudaro apčiuopiamą rezervą, padidinantį kitus eksploatuojamų telkinių išteklius. Parengtiniai išžvalgytų detalesniam tyrimui prienamų išteklių kiekis ir

iškasenų rūšys savivaldybėse labai skiriasi (22 pav.) – nuo 0,6 mln. m³ Rietavo savivaldybėje iki 353,7 mln. m³ Akmenės rajone. Pastarajame yra gausūs klinties (319 mln. m³), triaso molio (15,7 mln. m³) ir dolomito (13,5 mln. m³), slūgsančio giliau klinties klodo, išteklių. Artimiausiu metu šių išteklių naujų plotų žvalgyba nėra aktuali, nes naudojamuose telkiniuose jų kiekio pakanka.

Viliojantis parengtiniai išžvalgytas objektas yra Usėnų akmens druskos telkinys Šilutės rajone. Jo išteklių išpūdingi – 258 mln. m³. Vien tik dėl šio telkinio išteklių kiekio Šilutės rajonas tapo antruoju pagal parengtiniai išžvalgytų išteklių kiekį Lietuvoje (22 pav.). Susidarius palankioms ekonominėms sąlygoms, šio telkinio išteklių gali ilgam teikti naudą visuomenei, nes dabar akmens druska importuojama iš užsienio, kartais – net iš Afrikos. Kitų savivaldybių (Pakruojo, Kauno, Rokiškio) teritorijose, kuriose gausu parengtiniai išžvalgytų dolomito, anhidrito ir durpių išteklių, tikėtina tik detalai dolomito žvalgyba naujame Čedasų telkinio plote.

Daugiausiai iškasamo žvyro ir smėlio parengtiniai išžvalgytų plotų, kuriuose nėra apribojimų geologiniams tyrimams ir naujų išteklių įsisavinimui, yra tų pačių savivaldybių teritorijose, kaip ir jau naudojamų telkinių išteklių, – tai Jonavos, Trakų, Vilniaus savivaldybės (22 pav.). Tačiau čia vykstanti intensyvi iškasenų gavyba sukelia stiprų visuomenės ir vietos politikų pasipriešinimą, todėl naujų plotų įsisavinimas, siekiant papildyti naudojamuose telkiniuose senkančius išteklius, yra sudėtingas procesas.

Skuodo savivaldybėje, kurioje detaliai išžvalgytų smėlio ir žvyro išteklių tėra apie 1,5 mln. m³, stygiaus atveju naujų plotų ištyrimo galimybė yra gera, nes parengtiniai išžvalgytų šių rūšių naudingųjų išteklių yra 26,6 mln. m³ (22 pav.). Neblogos galimybės papildyti eksploatuojamuose telkiniuose senkančius birių naudingųjų iškasenų kiekius yra Anykščių rajone. Čia parengtiniai išžvalgytų smėlio ir žvyro išteklių žemės gelmėse yra apie 11,5 mln. m³.

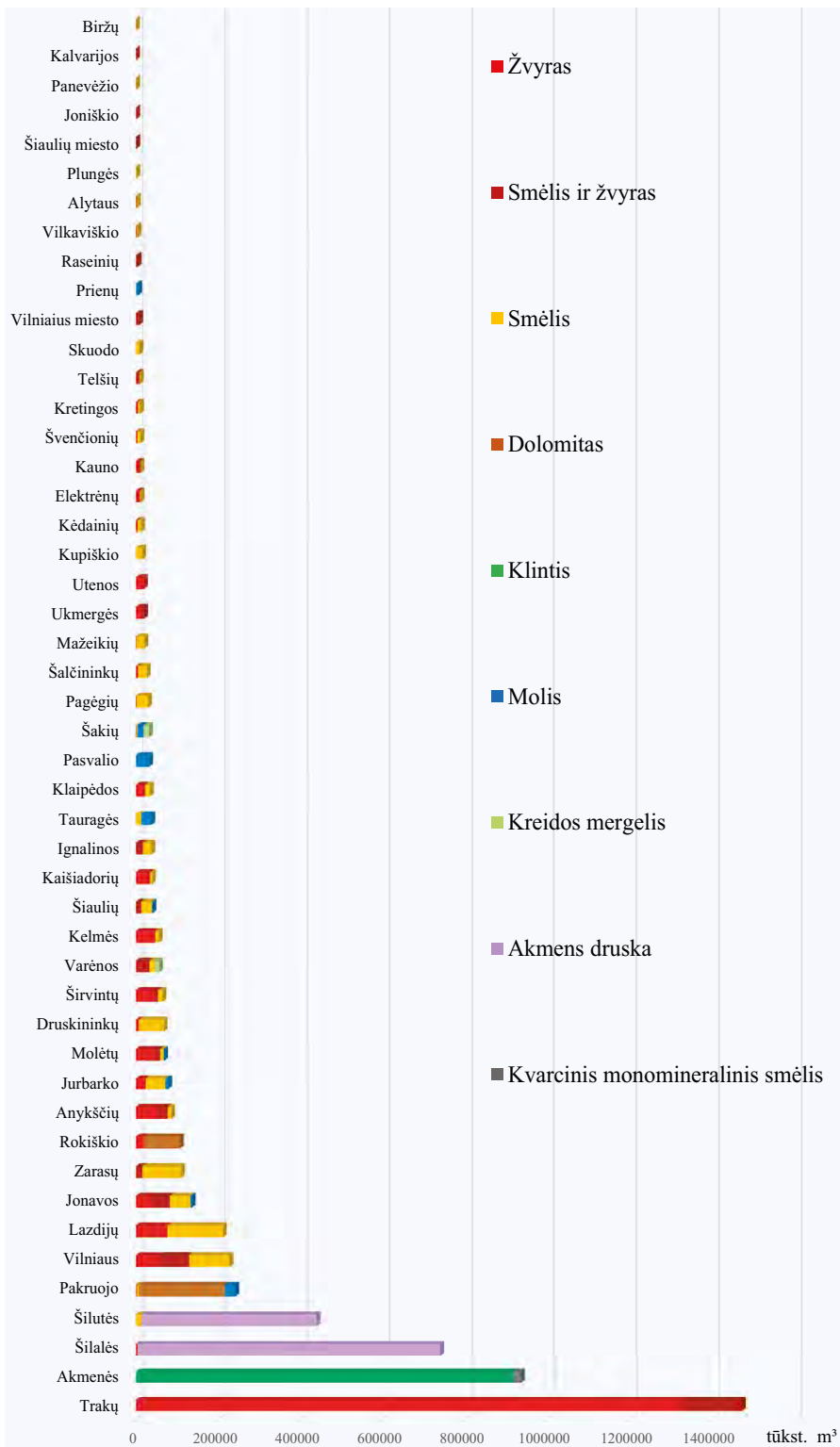
Daugelyje kitų savivaldybių parengtiniai išžvalgytų išteklių kiekiai nėra gausūs (22 pav.). Dvidešimtyje savivaldybių detalesniam tyrimui tinkamuose parengtiniai išžvalgytuose telkiniuose jų tėra nuo 1,4 iki 5 mln. m³, keturiose – nuo 5,3 iki 7,0 mln. m³ ir dešimtyje – nuo 12,2 iki 19,0 mln. m³. Šie duomenys rodo, kad didesnėje dalyje savivaldybių perspektyvos pagausinti eksploatuojamų telkinių išteklius parengtiniai išžvalgytuose plotuose nėra palankios. Todėl šio ištyrimo lygmens išteklių apsauga privalo būti įteisinta, jeigu valstybei rūpi ateities kartų gerovė.

Mažiau patikimą rezervą sudaro prognoziniai nemetalinių naudingųjų iškasenų išteklių. Jų koncentracija atskirose savivaldybėse labai nevienoda (23 pav.): nuo 0,2 mln. m³ Biržų rajone iki 1 470,8 mln. m³ Trakų rajone. Kai kuriose savivaldybėse vyrauja tik vienos rūšies išteklių.

Išskirtinis yra Trakų rajonas, kuriame priedėdyninio zandro nuogulose paskutinio apledėjimo metu suguldyta 1 470,8 mln. m³ prognozinių žvyro ir smėlio išteklių. Vien tik rupia medžiaga prisotintų žvyro klodų



22 pav. Parengtiniai išžvalgytų tyrimui prieinamų nemetalinių naudingųjų iškasenų telkinių išteklių savivaldybėse (2024 01 01).



23 pav. Nemetaliųjų naudingųjų iškasenų prognoziniai išteklių savivaldybėse (2024 01 01).

prognozinis tūris siekia 1 330 mln. m³, ir tai sudaro 71 % visoje Lietuvoje aptiktų prognozinų žvyro išteklių. Akmenės rajone gausu ne tik detaliai ir parengtiniai išžvalgytų klinties telkinių, įspūdingi ir prognoziniai šios iškasenos kiekiai – 916 mln. m³ (23 pav.).

Geologiniais duomenimis, viršutinio permuogulose Šilalės ir Šilutės rajonuose prognozuojami milžiniško tūrio akmens druskos kupolai. Dviejų iš jų tūris Šilalės rajono žemės gelmėse sudaro apie 735 mln. m³, o Šilutės rajone vieno kupolo tūris – apie 425 mln. m³.

Pakruojo rajone greta detaliai ir parengtiniai išžvalgytų dolomito telkinių dėl storesnių dengiamųjų sluoksnių sudėtingesnėmis kasybos sąlygomis yra išskirti prognoziniai plotai, kuriuose tikėtinas dolomito kiekis sudaro apie 208,7 mln. m³. Panašiai yra ir Rokiškio rajone, kur detaliai išžvalgyto Čedasų dolomito telkinio nepalankioje geologinėje aplinkoje prognozuojama rasti apie 87 mln. m³ dolomito (23 pav.). Trakų, Akmenės, Šilalės, Šilutės ir Pakruojo savivaldybėse išaiškinti gausiausi prognoziniai vienos specifinės (kiekviename iš jų – vis kitos) iškasenos kiekiai yra pasekmė žemės gelmių sandaros ypatumų, kuriuos išaiškina geologai, kartografuodami žemės gelmes.

Šiek tiek daugiau labiausiai reikalingų žvyro ir smėlio prognozinų išteklių, aptinkamų paskutinio apledėjimo metu ir poledynmetyje suklotuose sluoksniuose, yra Vilniaus, Lazdijų, Jonavos ir Zarasų rajonuose (23 pav.). Tačiau kitose savivaldybėse šių daugiausiai naudojamų žaliavų prognozuojama nedaug, todėl ateityje gali tekti šių medžiagų atsivežti iš tolimesnių telkinių.

Apibendrinant visų nemetalinių naudingųjų iškasenų išteklių paplitimo dėsnį, išryškėjo, kad turtingiausios savivaldybės yra Šiaurės Lietuvoje, čia po nestora kvartero nuogulų danga aptinkami vertingi klinties ir dolomito klodai. Baltijos aukštumų ruože ir Žemaitijos aukštumoje esančių savivaldybių teritorijose paskutinio ledyno tirpsmo vandenys suklojo gausias smėlio ir žvyro sankaupas, bet kartu sukūrė vaizdingiausius Lietuvos kraštovaizdžius. Todėl šiose vietovėse, norint pagerinti infrastruktūrą ir gyventojų būsto prieinamumą, būtina išgauti reikalingus išteklius iš vietinių telkinių, nes iš kitų regionų atvežamos žaliavos pabrangintų kelių tiesimo ir statybų darbus.

KASYBOS PRAMONĖS SOCIALINIAI VEIKSNIAI

Lietuvos Respublikos Konstitucijos 47 straipsnis sako, kad valstybei išimtinė nuosavybės teise priklauso žemės gelmės. Kiti gamtos ar kultūros objektai gali priklausyti tiek valstybei, tiek privatiems asmenims – tai

miškai, žemė, vandens telkiniai, keliai, parkai, kultūros paveldo objektai ir pan. Todėl visos naudingųjų iškasenų gavybą vykdančios įmonės ir privatūs asmenys už iškastas iš žemės gelmių naudingąsias iškasenas moka mokesčius pagal mokesčių už valstybinius gamtos išteklius įstatyme numatytą tvarką ir nustatytus tarifus. Mokesčiai mokami metams pasibaigus, o mokestinis tarifas indeksuojamas pagal Valstybės duomenų agentūros apskaičiuojamą ir Oficialiosios statistikos portale skelbiamą mokestinių metų vartotojų kainų indeksą. Vartotojų kainų indeksas nustatomas palyginus mokestinių metų gruodžio mėnesio kainas su 2014 metų gruodžio mėnesio kainomis.

Valstybės duomenų agentūros apskaita liudija, kad 2007 m. surinktas mokestis už gamtos išteklių naudojimą sudarė 2,75 mln. eurų, o pastaruosius penkerius metus (2020–2024 m.) buvo surenkama nuo 23,95 iki 31,64 mln. eurų, t. y. vidutiniškai 27,5 mln. eurų. Tai rodo, kad per pastaruosius 17 metų įplaukos į biudžetą už iškastas medžiagas iš žemės gelmių padidėjo apie 10 kartų. Penktadalis sumokėtų mokesčių lieka vietos savivaldai, o likusi dalis papildo valstybės biudžetą. Surenkamas mokesčių kiekis susijęs tiek su gavybos mastais, kuriuos diktuoja valstybės ekonominė galia finansuoti kelių tiesimo ir taisymo darbus bei visas statybų sektorius, tiek su kintančiu vartotojų kainų indeksu.

Tačiau mokestis už išgautus išteklius tėra tarsi ledkalnio viršūnė, nes bendras kasybos įmonių indėlis į socialinę aplinką yra daug didesnis. Išskirtinis šios pramonės šakos bruožas yra tas, kad veikla daugiausiai vykdoma kaimiškose teritorijose, nutolusiose nuo pramonės centrų. Tokiose vietose kasėjai provincijoje sukuria nemažai gerai apmokamų darbo vietų. Antai Akmenės ir Pakruojo rajonuose kasybos ir žaliavų perdirbimo įmonės yra pagrindiniai darbdaviai ir mokesčių mokėtojai. Kaip pavyzdį palyginimui pateikiame svarbiausių kalnakasybos regionų vidutinius darbo užmokesčius, Valstybės duomenų agentūros paskelbtus 2024 m. IV ketvirtį, ir tuose rajonuose kasybos įmonėse išmokėtus vidutinius atlyginimus 2025 m. balandžio mėn. (2 lentelė).

Duomenų analizė liudija, kad bet kuriame regione kasėjai išmoka darbuotojams 1,25–1,77 karto didesnius atlyginimus nei tose vietose mokamas vidutinis uždarbis. Didesni atlyginimai reiškia ir didesnius gyventojų pajamų bei socialinio draudimo mokesčius, kurie reikšmingiau papildo savivaldybių biudžetą nei mokestis už gamtos išteklių naudojimą. Kaimiškose vietovėse pelningai dirbančios įmonės sukuria pakankamai daug gerai apmokamų darbo vietų, prisideda prie įvairių socialinių projektų vykdymo ar net juos inicijuoja. Ilgamečiai kalnakasybos įmonių darbuotojai pozityviai vertina šią veiklą. Taigi kasybos pramonė ne tik pateikia visuomenės egzistavimui būtinas medžiagas, bet yra ir svarbus socialinis partneris.

2 lentelė. Didžiausiuose kasybos pramonės regionuose mokamas vidutinis darbo užmokestis (Valstybės duomenų agentūros duomenys apie vidutinį darbo užmokestį rajonuose ir Rekvizitai.lt duomenys apie įmones)

Rajonas	Vidutinis darbo užmokestis rajone 2024 m. IV ketvirtį (EUR)	Kasybos įmonių išmokėtas vidutinis darbo užmokestis 2025 m. balandžio mėn. (EUR)	Vidutinio darbo užmokesčio viršijimas (%)
Mineralinių žaliavų kasėjai			
Akmenės	2 038,6	2 540,2	125
Pakruojis	2 085,2	2 851,9	137
Trakų	2 244,1	3 115,0	139
Jonavos	2 097,3	3 705,9	177
Durpių kasėjai			
Šilutės, Tauragės, Kauno, Prienų, Radviliškio, Šiaulių, Kupiškio, Joniškio	1 908,5	2 468,0	129

NEMETALINIŲ NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ RŪŠYS

Detaliai išžvalgyti prekvartero nemetaliųjų naudingųjų iškasenų telkiniai

Anhidritas ir gipsas

Anhidritas yra sulfatų klasės mineralas ir nuosėdinė uoliena. Chemikai jį įvardija kaip kalčio sulfatą – CaSO_4 . Anhidritui reaguojant su vandeniu susidaro gipsas ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Kietumas pagal Moso skalę – 3,5, specifinis tankis – 2,9. Uoliena tanki, be plyšių, neporėta (monolitiška), nelaidi nei skysčiams, nei dujoms, kieta ir atspari. Lietuvos anhidritas yra labai grynas – CaSO_4 kiekis 97–98 %. Gniuždomasis stiprumas vidutiniškai sudaro 52,5–62,5 MPa. Tai šilumos ir šalčio kaitos ciklams gana atspari uoliena, kuri mažai plečiasi nuo šilumos. Jos laidumas šilumai didėja augant temperatūrai. Pagal dekoratyvumo rodiklius anhidritas yra panašus į marmurą, jį lengva pjauti, šlifuoti ir poliruoti.

Lietuvoje anhidritas ištisiniu 40–60 m storio klodu užpildo viršutinio permio Priegliaus svitos sulfatinių nuogulų storumę, kuri išplitusi visoje pietinėje ir pietvakarinėje Lietuvoje ir apima apie 12 tūkst. km^2 plotą 155–790 m gylyje. Nuo Kauno miesto apylinkių anhidrito klodas palaipsniui grimzta į gelmę pietvakarių kryptimi, o kartu didėja ir šio klodo storis.

Lietuvoje išplitęs anhidrito klodas yra tik mažytė dalis milžiniškos permio periodo metu buvusios sūrios jūros lagūnos, kurios nuosėdos šiuo metu aptinkamos visoje Lenkijoje, dalyje Slovakijos, šiaurinėje Vokietijos pusėje,

Danijoje ir Didžiojoje Britanijoje. Lagūnos egzistavimo metu klimatas mūsų planetoje buvo labai karštas, nes tam, kad anhidritas išsotaus tirpalo nusėstų į lagūnos dugną, vandens temperatūra turėjo būti 38–70 °C. Jeigu vandens temperatūra būtų žemesnė, susidarytų gipsas, t. y. CaSO_4 su dviem vandens molekulėmis. Tuo metu Vakarų Sibire ir Indijos tektoninėje plokštėje vyko intensyvus vulkanizmas. Tose vietovėse permo periodu lava skverbėsi pro karbono metu susiformavusius akmens anglies klodus, todėl atmosfera buvo prisotinta anglies dvideginio ir sieros vandenilio dujų. Tai Žemės planetoje sukėlė didžiulius karščius, o į vandenynus ir lagūnas su krituliais iš oro patekusi siera buvo anhidrito sedimentacijos iš sočiųjų tirpalų šaltinis.

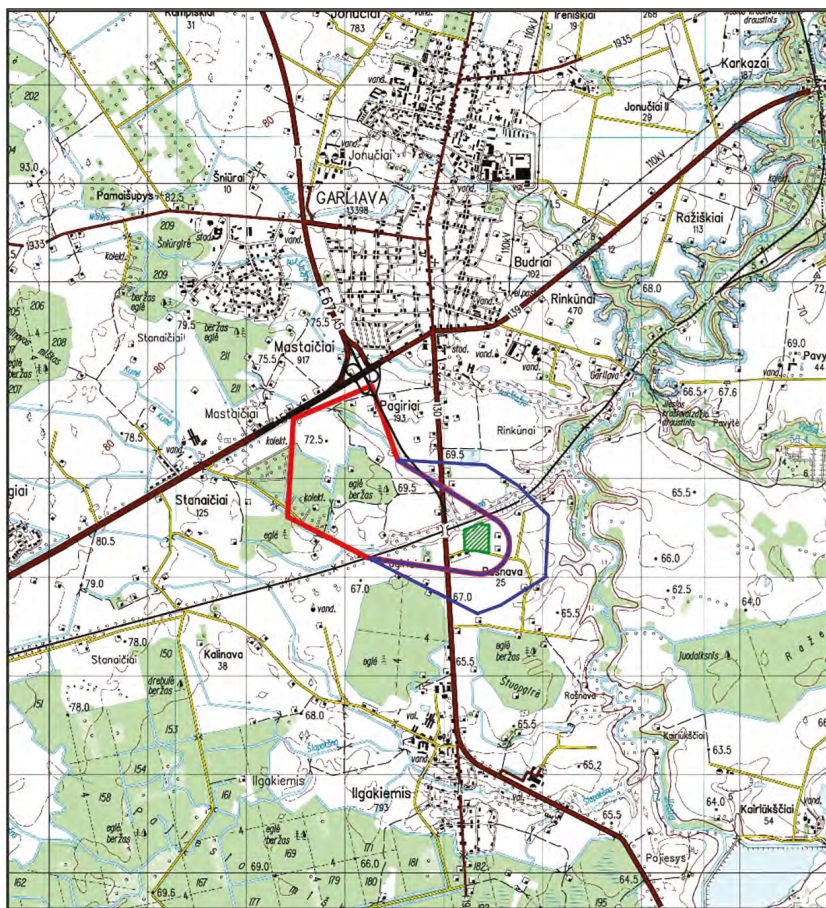
Pirmą kartą Lietuvoje šios nuogulos aptiktos Kaune, gręžiant artezinį šulinį Ragučio alaus darykloje 1927 metais. Arčiausiai žemės paviršiaus pakankamai storas anhidrito sluoksnis aptinkamas rytinėje savo išplitimo dalyje – Kauno ir Prienų apylinkėse ir grimzta gilyn pietvakarių kryptimi. Polinkio kampas nedidelis – tik 1–2°.

Gausios žinios apie šios naudingosios iškasenos paplitimą buvo gautos atliekant Lietuvos žemės gelmių geologinį kartografavimą. Dar 1958 m. žurnalo „Švyturis“ korespondentai R. Budvietis ir J. Žvejas straipsnyje „Atsiveria žemė“ šitaip rašė apie Lietuvą: „Lietuva – artojų kraštas – taip bent mėgo ją anksčiau vadinti ne tik poetiškai nusiteikę žmonės. Tokia ji iš esmės ir buvo.“ Toliau aiškinama, kad tai, kas slypi žemės gelmėse giliau plūgo verstuvo, atranda Lietuvos geologai. Teigiama, kad „tarp Kauno ir Prienų įrengtos šachtos tiekis anhidritą, galintį pakeisti gipsą, kurio atsargos respublikoje jau baigia išsekti. Bet tai dar ne viskas. Anhidritas – chemijos pramonės duona, iš jo bus gaminama sieros rūgštis ir anhidritinis cementas...“

Praejo daugiau nei pusė amžiaus, o ši vertinga žaliava vis dar nenaudojama visuomenės labui, nors požeminė kasykla jau suprojektuota, o leidimas kasti – gautas. Tačiau didelės pradinės investicijos ir neapibrėžta geopolitinė aplinka apsunkina investicijų pritraukimą.

Vienintelis detalai išžvalgytas Pagirių telkinys yra apie 2 km į pietvakarius nuo Garliavos (24 pav.). Čia 235,48 ha plote yra detalai išžvalgyta 87,39 mln. m³ anhidrito, o virš šio klodo – dar 14,61 mln. m³ gipso. Be to, šiame telkinyje, to paties klodo rytinėje dalyje, 38,87 ha plote rasta 14 mln. m³ dekoratyvinio akmens išteklių. Sodrios mėlynos spalvos anhidritas jau prilygsta juvelyrinių akmenų klasei, jam suteiktas angelito vardas (25 pav.). Pagirių anhidrito ir gipso telkinį sudaro penkių geologinių sistemų sluoksniai: kvartero, kreidos, jūros, triaso ir permo (26 pav., 31 pav.).

Telkinio dangą sudaro kvartero, kreidos, jūros ir triaso sistemų nuogulų storumė. Jos bendras storis kinta nuo 269,4 iki 304,5 m, t. y. vidutiniškai lygus 290,2 m. Tai nelaidžios vandeniui glacialinės priemolio nuogulos, suskaidytos tarpmoreninių fliuvioglacialinių smėlingų nuogulų lęšių, kreidos sistemos kreidos mergelio ir žalsvo itin smulkaus aleuritingo ir



M 1:50 000

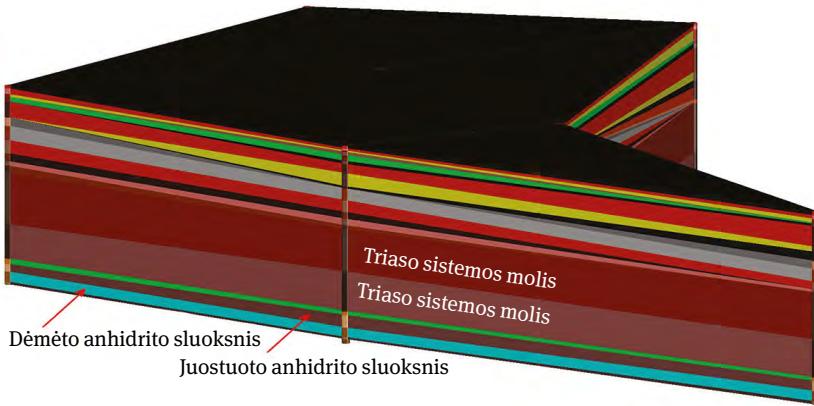
- Detaliai išvalgyto telkinio kontūras
- Parengtiniai išvalgyto telkinio kontūras
- Požeminės kasyklos antžeminė aikštelė

24 pav. Pagirių anhidrito ir gipso telkinio vietos planas.

molingio smėlio sluoksniai, jūros sistemos juodos spalvos molio sluoksniai, o didesnę apatinę dangos dalį sudaro triaso sistemos kieto margaspalvio molio storymė, patikimai apsauganti požeminę kasyklą nuo vandens pritekėjimo iš vandeningų aukščiau slūgsančių sluoksnių (27 pav.).



25 pav. Trijų metrų ilgio dekoratyvinio anhidrito (angelito) kernas iš gręžinio Pagirių telkinyje.



26 pav. Pagirių anhidrito ir gipso telkinio 3D modelis.

Telkinio naudingąjį klotą sudaro po dangos nuogulų storyme slūgsančios permio sistemos Priegliaus svitos sulfatinės nuogulos, kurių storis kinta nuo 37,3 iki 65,9 m, vidutiniškai – 47,9 m.

Anhidrito klotas (be viršutinio gipso sluoksnio) kinta nuo 30,5 iki 54,5 m, vidutiniškai – 37,1 m. Priemaišas sudaro dolomitas, basanitas, magnezitas.

Kiti mineralai gipse ir anhidrite (hidrožerutis, kalcitas, celestinas, piritas) yra akcesoriniai. Didžiąją šios svitos nuogulų dalį sudaro anhidrito klotas, kuris iš viršaus ir apačios apgaubtas gipso sluoksniu. Pereinamosiose zonose tarp gipso ir anhidrito uoliena sudaryta iš abiejų pagrindinių mineralų mišinio. Pereinamųjų zonų uolienos gali būti priskiriamos anhidritinio gipso arba gipsingo anhidrito tipams. Apatinėje svitos dalyje, pereinamojoje zonoje tarp karbonatinių ir sulfatinių uolienu, galima išskirti dolomitingo gipso tipą. Pagal mineralinę sudėtį ir tekstūrą Priegliaus svitos pjūvis visame



27 pav. Pagirių anhidrito ir gipso telkinio dangos triaso sistemos margaspalvio molio kernas.



28 pav. Juostuotojo anhidrito pluoštas.
PAG_3_014 gręžinys.

šio telkinio plote detaliau skirstomas į pluoštus. Iš viršaus į apačią išskiriami šie pluoštai: viršutinio gipso (G_v), viršutinio gipso-anhidrito ($G-A_v$), juostuotojo anhidrito (A_j) (28 pav.), dėmėtojo anhidrito (A_d) (29 pav.), apatinio gipso-anhidrito ($G-A_{ap}$) ir apatinio gipso (G_{ap}) (30 pav.).

Telkinio aslą sudaro apatinė permo sistemos Priegliaus svitos nuogulų dalis (apatinis gipsas) bei po ja slūgsančios Naujosios Akmenės svitos dolomito nuogulos (30 pav.).



29 pav. Dėmėtojo anhidrito pluoštas iki 325,8 m gylio ir apatinio gipso-anhidrito pluoštas nuo 325,8 m gylio. PAG_3_012 gręžinys.



30 pav. Apatinio gipso-anhidrito pluoštas iki 328,68 m gylio, apatinio gipso pluoštas iki 332,2 m gylio, giliau – dolomitas. PAG_3_012 gręžinys.

Viršutinio permohalogeninė storymė išplitusi ganėtinai plačiai, o šio telkinio žvalgybos vietos parinkimą lėmė gamtosauginiai ir ekonominiai veiksniai:

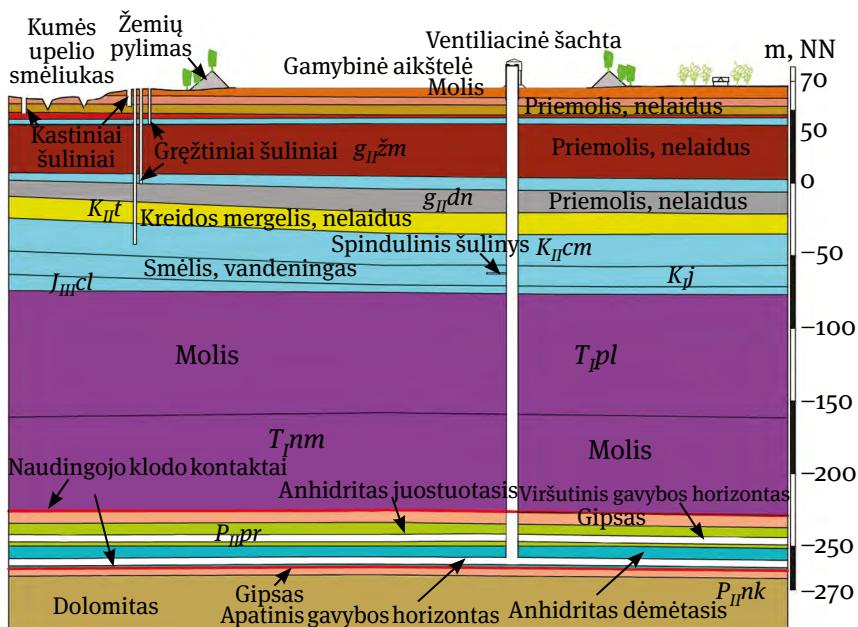
1. **Žemės gelmių stabilumas.** Telkinys yra tektoniškai stabiliam bloke, nes visoje jo teritorijoje nėra lūžių. Galimi žemės plutos postūmiai, kilus žemės drebėjimui, vyksta pagal lūžių zonas, todėl tokie reiškiniai pavojaus šiai požeminei kasyklai nekeltų.

2. **Palankus geologinis pjūvis.** Naudingąjį klotą dengia sluoksniai, sudaryti daugiausiai iš nelaidaus vandeniui molio ar priemolio. Taip pat svarbus šių sluoksnių storis, užtikrinantis ne tik absoliučiai patikimą barjerą nuo artimiausio vandeningo sluoksnio, bet ir požemyje iškastų ertmių stabilumą bei saugumą (31 pav.).

3. **Optimalus anhidrito gylio ir storio santykis.** Pagirių telkinys yra pakankamai arti žemės paviršiaus (269,4–304,5 m), naudingojo anhidrito klotu storis – nuo 30,5 iki 54,5 m, vidutiniškai sudaro 37,1 m, t. y. pakankamai didelis.

4. **Anhidrito klotu izoliacija.** Sulfatinė viršutinio permohalogeninė storymė yra sudaryta iš gipso ir anhidrito, kuris yra nelaidus vandeniui, neporėtas, neplyšiuotas, pakankamai klampus. Jis susiformavo prieš 250 mln. metų ir išliko nepakitęs vien todėl, kad anhidritas, kontaktuodamas su vandeniu, palengva virsta gipsu. Tada uolienos tūris padidėja ir plyšeliai, pro kuriuos galėtų patekti drėgmė, užsikemša. Drėgmė nebegali prasiskverbti į anhidrito klotu vidinę dalį. Dėl šios hidratacijos anhidrito klotas yra apgaubtas gipso kevalu, kurio storis viršuje yra 4,2–7,9 m, apačioje – 1,9–4,8 m.

5. **Teritorijos apgyvendinimo tankis.** Telkinio paviršiuje ir greta antžeminės aikštelės nėra gyvenviečių. Pavienės sodybos išsidėsčiusios



31 pav. Pagirių anhidrito telkinio apibendrintas pjūvis ir požeminės kasyklos įrengimo principai.

retai – 300–400 m viena nuo kitos. Todėl antžeminė įmonės veikla neturės įtakos aplinkinių gyventojų gyvenimo kokybei.

6. Logistika ir infrastruktūra. Virš telkinio yra nutiesti svarbūs keliai, tarp jų ir „Via Baltika“ magistralė. Europinės ir platesnės vėžės geležinkelis kerta telkinio teritoriją, netoliese pastatytas Marvelės laivybos uostas Nemune. Per telkinį eina aukštos įtampos elektros linija, netoliese yra dujotiekis, Karmėlavos oro uostas ir Kauno LEZ.

7. Požeminės anhidrito kasybos pranašumai. Anhidrito kasyba šachtomis yra viena iš ekologiškiausių iš visų nerūdinių medžiagų gavybos formų, turinti minimalų poveikį gamtinei aplinkai. Didelis anhidrito klando storis ir jo struktūrinės savybės apsaugo nuo bet kokių paviršinio grunto dislokacijų. Gavyba vyksta žemės gelmėse, visi požemyje dirbantys mechanizmai ir transportas, išvežantis iš gelmių produkciją, varomi elektra. Anhidrito kloadas yra sausas ir nelaidus vandeniui, todėl nelieka užterštų nuotekų, jame nėra pavojingų dujų, todėl nekyla sprogimo ar oro taršos pavojaus. Visa iškasta uolienos masė, įskaitant ir smulkiausias nuotrupas, yra pramoninė žaliava.

Tačiau dangoje esantys spūdiniai vandeningieji sluoksniai apsunkins nuožulnaus nusileidimo tunelio ir vertikalių vėdinimo šachtų kasėjams tiesimą, nes teks kirsti tris vandeninguosius sluoksnius: Varduvos-Žemaitijos – 4 m storio (22 m gylyje), Žemaitijos-Dainavos – 9 m storio

(36 m gylyje) ir apatinės kreidos–cenomanio – 37,5 m storio (101,5 m gylyje) (31 pav.). Vandeningiausias iš jų yra apatinės kreidos–cenomanio. Itin svarbu, kad visų sluoksnių vanduo yra gėlas, neagresyvus betonui. Nuo 137 m gylio iki pat viršutinio gipso klodo 291,8 m gylyje slūgso nelaidus vandeniui molio klodas. Šiuolaikinės technologijos leidžia prakasti vandeningus klodus, nedarant jiems įtakos.

Milžiniškų anhidrito išteklių įsisavinimas pagal parengtą ir užsienio ekspertų labai gerai įvertintą projektą leis Lietuvoje sukurti iš esmės naują pramonės šaką, kuri atverstų šias Lietuvos ūkio plėtros galimybes:

1) užuot importuodama anhidrito žaliavą Lietuva ne tik juo apsirūpins iš savo telkinio, bet ir taps svarbia eksportuojančia šalimi;

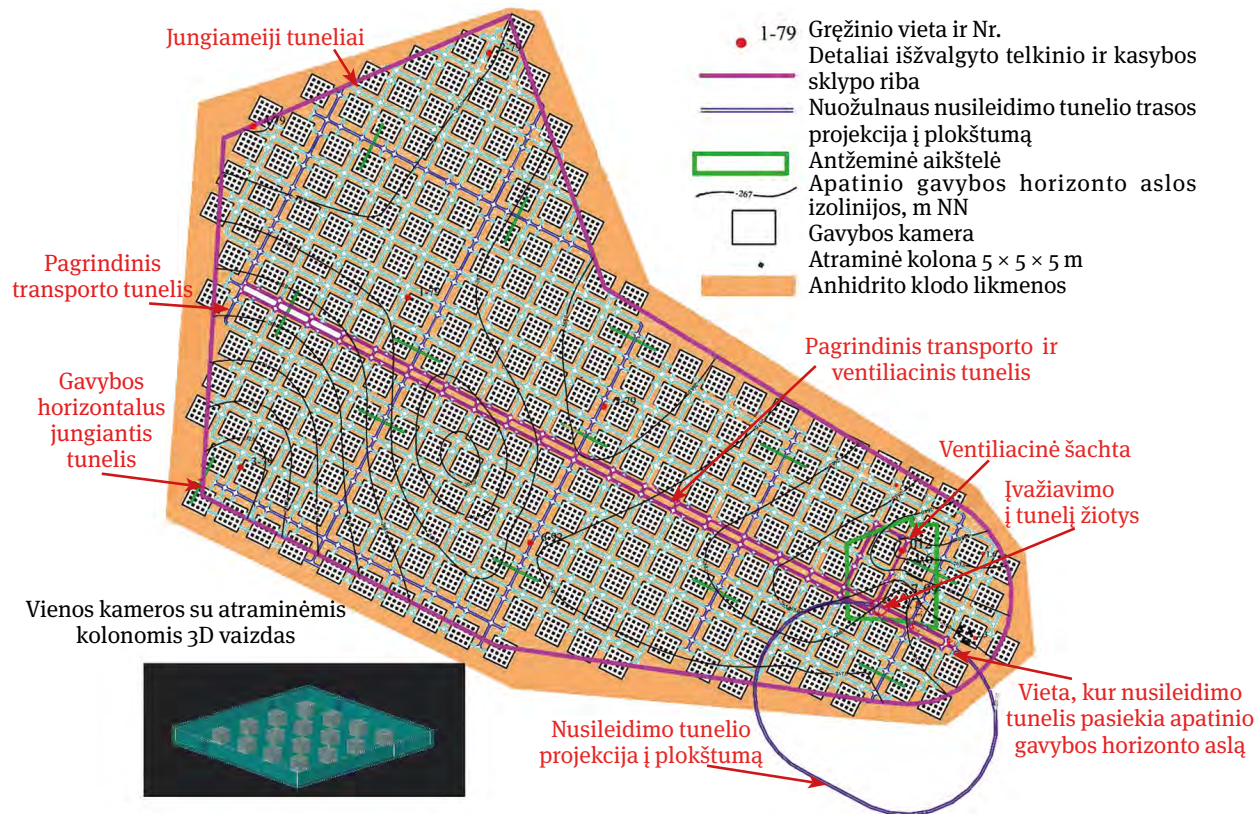
2) dabartiniu metu šios žaliavos importui skiriamas lėšas bus galima panaudoti kitoms ūkio reikmėms;

3) bus galima plėtoti statybinių rišamųjų medžiagų ir jų gaminių gamybą ir juos eksportuoti, nes iš anhidrito sukurti gaminiai yra aukštesnės kokybės, jų gamyba yra mažiau imli energijai ir draugiškesnė aplinkai nei gaminamų naudojant gipsą. Anhidrito uoliena yra unikali žaliava mineralinių rišamųjų medžiagų gamybai. Smulkiai sumalta ji įgyja rišamųjų savybių, jos nebūtina deginti. Tokios rišamosios medžiagos kokybę visų pirma nulemia uolienos švarumas. Lietuvoje aptinkamas anhidritas yra gryniausias Europoje. Svarbiausios naudojimo sritys rišamųjų medžiagų gamyboje yra šios: cemento sukietėjimo laiko reguliatorius, savaimė išsilyginančių grindų mišiniai, ugniai atsparios sulfatinės plokštės, sausieji glaistai, sulfatinių trašų gamyba;

4) cemento gamyboje naudojamas anhidritas, kai jis įterpiamas jau po degimo proceso, gerokai sumažina energijos poreikį ir taršių junginių išmetimą į aplinką;

5) požeminėje kasykloje suprojektuotus du 5 m aukščio gavybos horizontus vieną nuo kito atskiria 10–15 m storio nejudinamas stabilizuojantis anhidrito uolienos horizontas, akmens gavyba vykdoma 70 × 70 m kamerose, kurių viduje paliekamos 5 × 5 m atramos yra nutolusios viena nuo kitos per 10 m. Tokios ertmės yra stabilios, nepasiekiamos jokiame išoriniame poveikiui, jos tinka įvairiems produktams saugoti pastovioje temperatūroje (pavyzdžiui, vaisiams, daržovėms, vynu), suspaustų dujų saugykloms, šviečiamosios veiklos erdvėms, kino salėms ar valstybės ekstremalių situacijų valdymo centrui (32 pav.);

6) požeminėje kasykloje visi gavybos procesai ir iškastų produktų (trupinto akmens bei akmens blokų (1,6 × 1,2 × 3,0 m, 17 tonų) išvežimas iš požemio nuolaidžiu sraigtinio tuneliu vykdomas tik elektra varomais mechanizmais. Gavyba – be atliekų, nes, kaip jau minėta, net smulkiausi trupiniai yra realizuojama produkcija. Vanduo požeminėje kasykloje nesikaupia. Antžeminiai statiniai apšildomi geoterminė energija.



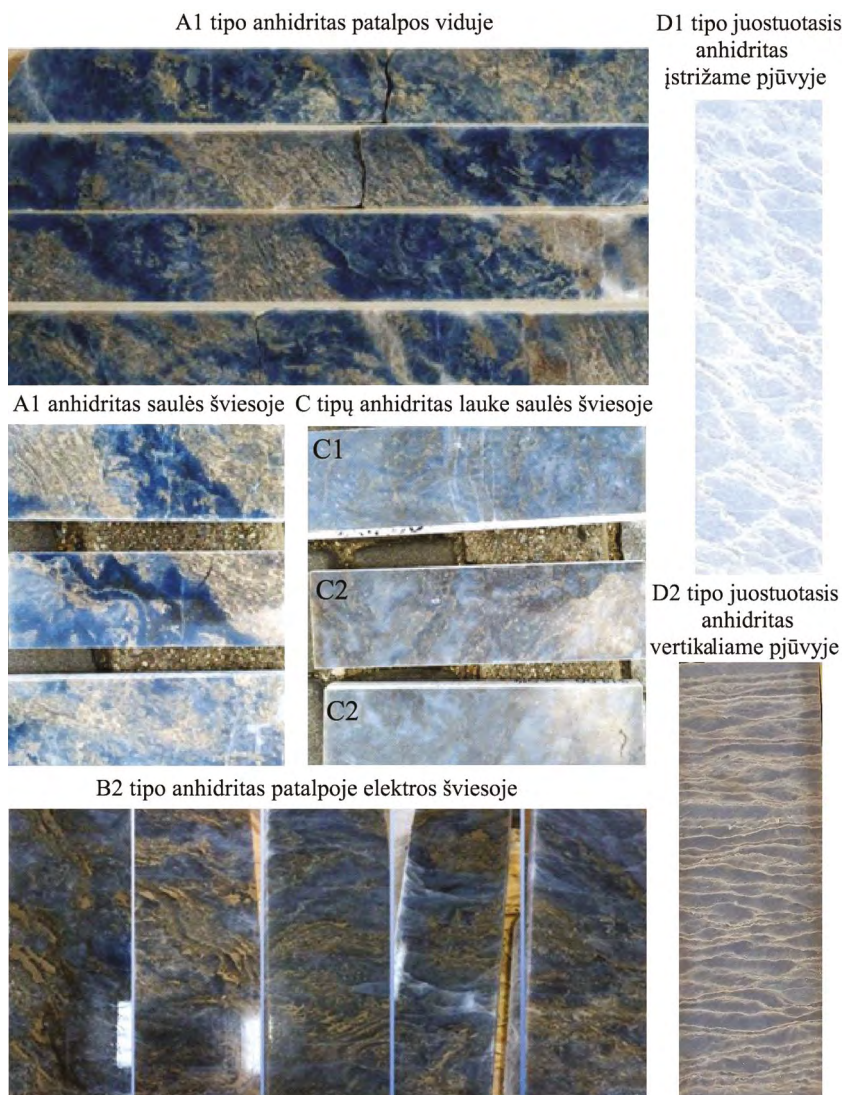
32 pav. Gavybos kamerų išsidėstymas apatiniame horizonte.

Šalia antžeminės kasyklos elektra gaminama panaudojant saulės modulius. Tai draugiškiausia aplinkai kasykla ne tik Lietuvoje.

Lietuva taps dekoratyvinio akmens pasaulinės rinkos dalyve, tiekiančia išskirtinio grožio marmuro klasės akmenis. Kaip jau minėta, sodrios mėlynos spalvos anhidritas patenka į juvelyrinio akmens klasę, jam suteiktas

vardas – angelitas. Pasaulyje pripažintas ekspertas iš Italijos Marco Cosi išskiria keturias Pagirių anhidrito telkinio dekoratyvinio akmens rūšis ir kelis potipius (33 pav.):

- 1) A1 tipas – tamsiai / sodriai mėlynas dėmėtasis anhidritas su aukšinėmis dolomito juostomis;
- 2) B tipas (B1 ir B2 potipiai) – tamsiai arba šviesiai melsvai pilkšvas ir tamsiai pilkas dėmėtasis anhidritas su rusvu / gelsvu ir pilkšvu dolomitu;
- 3) C tipas (C1 ir C2 potipiai) – šviesesnis melsvas C1 (angl. *bluish*) ir pilkšvas C2 (angl. *greyish*) dėmėtasis anhidritas;



33 pav. Dekoratyvinio anhidrito spalvų įvairovė.

4) D tipas (D1 ir D2 potipiai) – juostuotasis blyškiai pilkšvas C1 (angl. *pale blue*) ir blyškiai pilkšvas, kartais su labai šviesiu melsvu atspalviu C2 (angl. *pale grey*) anhidritas.

Reikia tikėtis, kad šis vertingas Lietuvos žemės gelmių turtas ir iškastos ertmės netrukus pradės teikti naudą valstybei.

Dolomitas

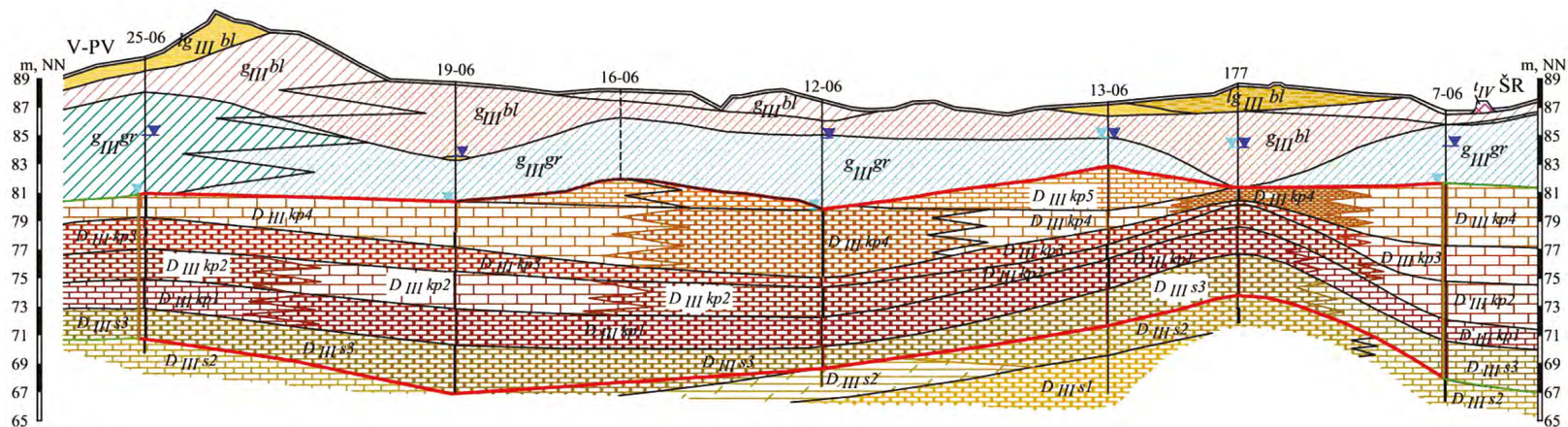
Dolomitas yra nuosėdinė uoliena, sudaryta iš to paties pavadinimo mineralo. Jo cheminės sudėties formulė – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Kadangi tokios grynos sudėties uolienos nebūna, dolomitui priskiriamos tokios uolienuų atmainos, kuriose kalcito, molio, geležies, kvarco ir feldšpatų mineralų dalis sudaro iki 25 %. Dolomito uoliena laikoma gryna, kai šio mineralo kiekis viršija 86,8 % (žr. Gasiūnienė, Kadūnas, 1995). Kai kalcito priemaiša dolomitinėje uolienoje sudaro 2–8 %, toks dolomitas vadinamas mažai klintingas, kai kalcito kiekis būna 8–13,2 %, dolomito uoliena vadinama klintinga, kai minėtos priemaišos kiekis padidėja nuo 13,2 iki 22,3 %, ši uoliena vadinama klintiniu dolomitu.

Pagal susidarymo sąlygas dolomitas būna chemogeninis, kai jūros lagūnoje ar įlankoje vandens druskingumas padidėja iki sotaus tirpalo ir kalcio-magnio karbonato kristalai nusėda į dugną. Kitokios kilmės sedimentacinis-diagenetinis dolomitas atsiranda, kai kalkingą dumblą veikia gausiai vandenyje ištirpusios magnio sulfato (MgSO_4) ar magnio chlorido (MgCl_2) druskos. Dar vienas dolomito susidarymo variantas yra vadinamasis epigenetinis (antrinis), kai jau susiformavusios klinties (kalcio karbonato) uolienos pakinta dėl magniu prisotinto tirpalo poveikio.

Lietuvoje dolomito telkiniai randami viršutinio devono franio aukšto Pliavinių svitos Suosos ir Kupiškio sluoksniuose (Rokiškio r.), Įstro svitos (Biržų r.), Stipinų svitos (Pakruojo r.) ir famenio aukšto Žagarės svitos (Joniškio ir Akmenės r.) sluoksniuose (8, 9 pav.). Arčiausiai žemės paviršiaus, kur galima eksploatacija karjeriais, dolomito klodai aptinkami Šiaurės Lietuvoje tektoninio pakilimo ir kvartero metu paviršinių nuogulų bei dūlėjimo žievės ledynų nuslydimo zonose.

Pagal klodo susidarymo laiką seniausias yra Čedasų dolomito telkinys Rokiškio rajone (34 pav.). Šio telkinio dolomitas daugiausia yra sedimentacinis-diagenetinis ir tik apie ¼ pjūvio sudaro chemogeninis dolomitas.

Naudingąjį sluoksnį šiame telkinyje sudaro viršutinio devono Kupiškio posvitės penki skirtingos sudėties sluoksniai ir Suosos posvitės vienas viršutinio (trečio) sluoksnio dolomitas. Tai margiausias pagal sudėtį ir didžiausio naudingojo klodo storio Lietuvoje dolomito telkinys. Šio klodo storis kinta nuo 7,6 iki 18,7 m (vidutiniškai – 13,4 m). Dažniausiai naudingojo klodo storis kinta tarp 10 ir 16 m. Naudingąjį klodą neretai dengia



Sutartiniai ženklai

- Parengtiniai išžvalgytų išteklių riba
- Detaliai išžvalgytų išteklių riba
- ▼ Vandens pasirodymo lygis
- ▼ Vandens nusistovėjimo lygis

Litologiniai ženklai

	Dolomitas mergelingas		Smėlis smulkus
	Dolomitas		Smėlis smulkus, molingas
	Mergelis		Dirvožemis
	Pricmolis		Supiltas gruntas
	Priesmėlis		

Stratigrafiniai-genetiniai ženklai

<i>g III bl</i>	Viršutinio pleistoceno Baltijos posvītės glacialinēs nuogulos	<i>D III kp3</i>	Viršutinio devono Kupiškio svītas 3 slauksnis
<i>g III gr</i>	Viršutinio pleistoceno Grūdos posvītės glacialinēs nuogulos	<i>D III kp2</i>	Viršutinio devono Kupiškio svītas 2 slauksnis
<i>lg III bl</i>	Viršutinio pleistoceno Baltijos posvītės limnoglacialinēs nuogulos	<i>D III kp1</i>	Viršutinio devono Kupiškio svītas 1 slauksnis
<i>D III kp5</i>	Viršutinio devono Kupiškio svītas 5 slauksnis	<i>D III s3</i>	Viršutinio devono Suosas svītas 3 slauksnis
<i>D III kp4</i>	Viršutinio devono Kupiškio svītas 4 slauksnis	<i>D III s2</i>	Viršutinio devono Suosas svītas 2 slauksnis
		<i>D III s1</i>	Viršutinio devono Suosas svītas 1 slauksnis
		<i>b IV</i>	Balū nuogulos
		<i>t IV</i>	Šiuolaikinēs tehnogēnīnēs nuogulos

34 pav. Čedasų dolomito telkinio geologinis-litologinis pjūvis.

moreninis priemolis ar priesmėlis, o visas dangos storis kinta nuo 3,5 iki 9,6 m (vidutiniškai – 6,1 m). Šis telkinys pasižymi palankiausiu kasybai dangos ir naudingojo klodo santykiu.

Telkinio naudingąjį klodą sudaro mažai molingas, rečiau molingas, kietas ir tankus dolomitas. Jo tankis pagal vidutines svertines reikšmes grėžiniuose kinta nuo 2 451 iki 2 588 kg/m³ (vidutiniškai – 2 513 kg/m³). Dolomito stiprumas gniuždant kinta nuo 38,9 iki 121,2 MPa (vidutiniškai – 72,9 MPa). Daugiau nei 62 % mėginių dolomito stiprumas kinta nuo 50 iki 90 MPa. Atlikti tyrimai rodo, kad iš Čedasų telkinio dolomito galima gaminti skaldą, kurios rodikliai atitinka LST EN 12620:2003 lt (betono užpildai), LST EN 13139+AC:2004 lt (skiedinio užpildai) ir LST 1719:2001 lt (mineralinės automobilių kelių medžiagos ir jų mišiniai) techninius reikalavimus. Minimali dolomito skaldos markė žymima pagal jo stiprumą. Čedasų parengtiniai išžvalgyto dolomito telkinio ir prognozinio ploto teritorijos didelė dalis nuo 2004 m. įtraukta į paukščių (griežlės) apsaugai svarbią teritoriją, todėl naujų plotų žvalgyba šiose vietose negalima.

Biržų rajone viršutinio devono Įstro svitos sluoksniuose yra detaliai išžvalgyti Vinkšinių dolomito telkinio trys 5,16–7,42 ha ploto (iš viso 18 ha) sklypai, kuriuose bendras išteklių kiekis sudaro 750 tūkst. m³. Šis dolomitas dažniausiai yra sedimentacinis-diagenetinis, smarkiai persikristalizavęs, su antrinio kalcito, o gilesnėse slūgsojimo vietose ir antrinio gipso pilnomis kavernomis, atsiradusiomis ištirpus moliuskų geldelėms (žr. Narbutas, 1994). Viršutinėje Įstro svitos dalyje aptinkama singenetinio gipso tarp sluoksnių. Plyšiuose ir kavernoje gausu kalcito kristalų ir limonito. Pačioje uolienoje geležies oksidų nedaug, dažniausiai 0,1–0,6 %, kai kitų svitų dolomite šių oksidų kiekis viršija 1,5 % (žr. Narbutas, 1994). Naudingasis klodas slūgso arti paviršiaus, nes kvartero priemolio ir išdūlėjusio dolomito dengiamųjų sluoksnių vidutinis storis atskiruose sklypuose kinta nuo 1,4 iki 3,05 m. Naudingojo dolomito vidutinis storis kinta tarp 1,9 ir 6,7 m.

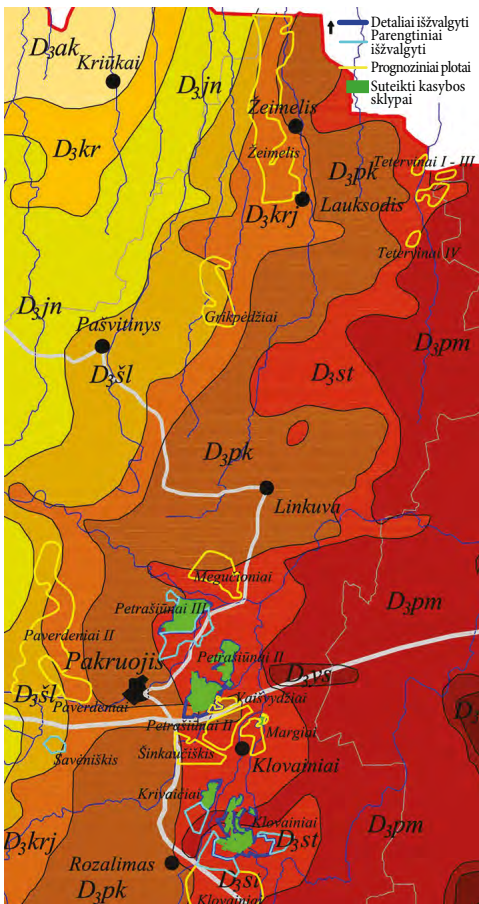
Šie klodai buvo detaliai ištirti 1953 ir 1960 metais kaip žaliava statybinėms kalkėms degti, bet jie taip ir nebuvo pradėti naudoti pramoniniu būdu, nes statybinės kalkės yra gaminamos iš geresnės klinties žaliavos Akmenės rajone. Be to, I ir II sklypų teritorijose yra sodybos, I ir III sklypus kerta rajoninės bei vietinės reikšmės keliai, III sklypą – aukštos įtampos orinė elektros srovės perdavimo linija, o dalis I ir III sklypų yra apaugę mišku. Šių infrastruktūros objektų apsaugos zonos suskaido ir taip mažo ploto telkinius ir jie tampa neparankūs uolinių padermių kasybai.

Intensyviausiai naudojami svarbiausi Lietuvoje dolomito karjerai Pakruojo rajone veikia nuo 1964 m. (Petrašiūnų II) ir nuo 1969 m. (Klovainių). Visi čia detaliai išžvalgyti telkiniai yra susiję su viršutinio devono franio aukšto Stipinų svitos rytiniu išsipleišėjusiu pakraščiu, kur šios nuogulos slūgso tiesiog giliau kvartero sluoksnių arba dar yra padengtos nestoru

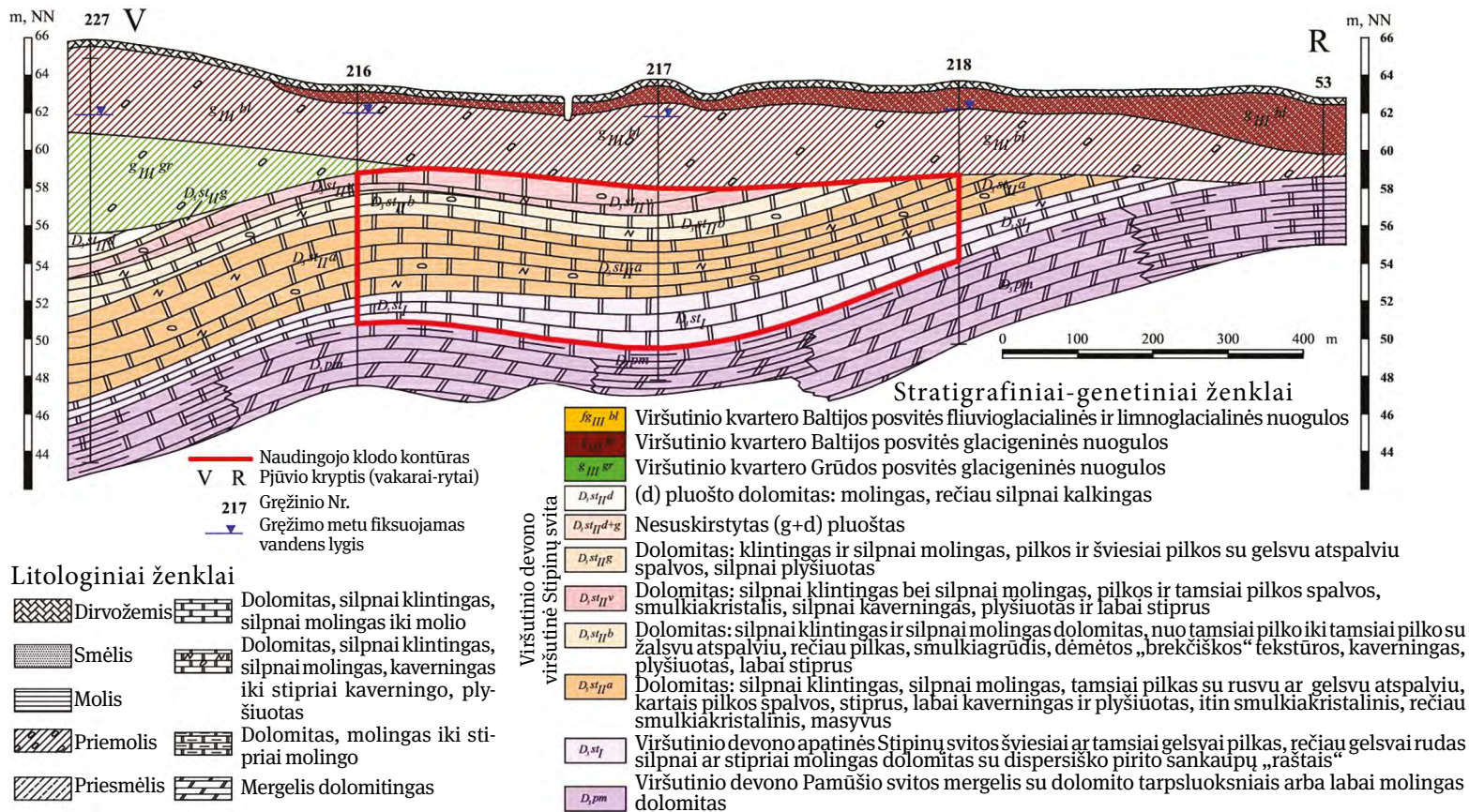
Pakruojo svitos mergeliu. Visi viršutinio devono sluoksniai šioje Lietuvos dalyje grimzta žemyn vakarų kryptimi, todėl tik siauroje pietų–šiaurės krypties juostoje tiek Stipinų svitos, tiek Kruojos svitos dolomitas pasiekiamas kasybai (35 pav.).

Visuose telkiniuose Stipinų svitos dolomito klodas yra panašios sandaros. Tai sluoksniuota storumė, slūgsanti ant Pamušio (D_3pm) svitos nuogulų, sudarytų iš mergelio su dolomito tarp sluoksniais, arba labai molingo dolomito paviršiaus (36 pav.).

Pagal fizikines savybes ir susidarymo sąlygas išskiriamas apatinis Stipinų svitos (D_3stI) 1,0–3,0 m storio gelsvai pilko iki pilkai geltono, dažnai molingo silpnėsio dolomito su dispersiško piritro sancaupų „raštais“ sluoksniis. Aukščiau šio klodo aptinkamas 6–11 m storio viršutinių Stipinų svitos (D_3stII) sluoksnių dolomitas susiklostė normalaus druskingumo jūroje ir turi daug organogeninės struktūros žymių. Kai kuriose vietose dolomitas sudarytas iš kolonijomis gyvenusių koralų skeletų, jo sluoksnyje dažnos kavernos, atsiradusios ištirpus faunos liekanoms – aragonitiniams



35 pav. Dolomito telkinių ir prognozinių plotų išsidėstymo planas Pakruojo rajone.



36 pav. Klovainių dolomito telkinio geologinis-litologinis pjūvis.

kiauteliams, taip pat dėl epigenetinės dolomitizacijos (žr. Narbutas, 1994). Pagal ryškiausius tekstūrinius bei mažiau išreikštus litologinius-struktūrinius požymius viršutinių Stipinų svitos sluoksnių dolomitas yra suskirstytas į pluoštus „d“, „g“, „v“, „b“ ir „a“ (36 pav.). Intensyviausiai eksploatuojami Pakruojo rajone esantys Petrašiūnų II ir Petrašiūnų III bei Klovainių dolomito karjerai (37 pav.).

Viršutinių Stipinų svitos sluoksnių / pluoštų dolomitas priklausomai nuo poringumo, kuris kinta nuo 1,0 iki 14,7 %, mikroplyšiuotumo ir kaveringumo, turi savitą tankį – nuo 2 560 iki 2 950 kg/m³, o uolienos tankis kinta nuo 2 450 iki 2 830 kg/m³. Dažniausiai dolomitas pasižymi 2 750–2 850 kg/m³ savituoju tankiu (vidutinis – 2 650–2 750 kg/m³). Vandens įgėrimas kinta nuo 0,15 iki 5,75 % (vyrauja 0,5–1,5 %). Pagaminta dolomitinė skalda beveik nebūna užteršta molio ir dulkių dalelėmis, jų kiekis sudaro 0,3–0,7 % (vyrauja 0,4–0,6 %). Dolomitinės skaldos mechaninis stiprumas pagal skalumą yra 100–120 MPa. Reikia atkreipti dėmesį į tai, jog smulkesnės skaldos markė yra aukštesnė, nes nuotrupose būna mažiau mikrotrūkių, atsirandančių sprogdinant klodą ir gamybos procese.

Viršutinių Stipinų svitos nuogulų cheminė sudėtis kinta: CaO – 26,6–38,6 % (vyrauja 28,8–31,1 %), MgO – 11,7–20,6 % (vyrauja 17,2–19,2 %), netirpus likutis – 0,2–8,7 % (vyrauja 1,8–5,1 %). Ši dirvų gerinimui palanki cheminė dolomito sudėtis lėmė, kad smulkiosios nuotrupos ir nuoplovos pateko į rinką kaip naujas prekės ženklas „Dirvitas“. Dolomitmilčių privalumu prieš klintmilčius reikia laikyti tai, kad dolomitas pagal cheminę sudėtį turi platesnį cheminių elementų ir mikroelementų spektrą. Ypač vertingas augalams yra magnis, kurio gerokai daugiau yra dolomitmilčiuose, o klintmilčiuose jis sudaro tik procento dalis.



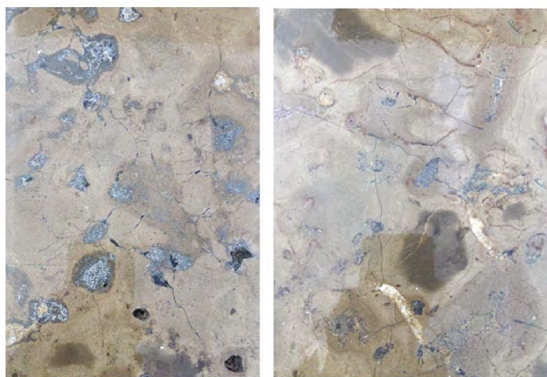
37 pav. Petrašiūnų II ir Petrašiūnų III dolomito karjerų dalies vaizdas (UAB „GJ Magma“ archyvas).

Anksčiau Petrašiūnų ir Klovainių karjeruose iš apatinio Stipinų svitos sluoksnio viršutinės dalies (D_{3st_I}), rečiau – iš viršutinės Stipinų svitos dalies ($D_{3st_{II}}$) dolomito buvo gaminamos apdailos plokštės ir blokai statyboms. Dėl geležies junginių oksidacijos šios plokštės pastatų sienose per dvejus metus pagelsta (ypač saulėje pusėje), o patalpose ir toliau išlieka žalsvai pilkos spalvos (žr. Narbutas, 1994). Tačiau vėliau dėl didelės plokščių gamybos savikainos ši verslo kryptis sunyko.

2013 m. nedideliame 16,14 ha plote buvo detaliam išžvalgytas Margių dolomito telkinys, kuriame rasta 956 tūkst. m^3 dekoratyvinio akmens išteklių (žr. Juozapavičius, Salamakinas, 2013). Šiame telkinyje dolomito sluoksnių sudėtis labai artima Klovainių karjerui. Pagal nustatytus uolienų fizikinius-mechaninius rodiklius – tankį, savitąjį tankį, gniuždymo stiprumą, įmirkimą, poringumą, dekoratyvumą (spalvą, struktūrą, tekstūrą, šviesos atspindžio intensyvumą, poliravimo galimybes), atsparumą atmosferiniam poveikiui, pavyzdžiui, šalčiui, bei lenkimo stiprumą abiejų sluoksnių dolomitas tinka naudoti kaip statybinis ir apdailos akmuo (interjerui, atrankos būdu – eksterjerui), o Stipinų svitos viršutinės dalies ($D_{3st_{II}}$) dolomitas tinka ir M-1000 markės įvairių frakcijų skaldai gaminti pagal LST EN 13043+AC:2004 reikalavimus. Šio telkinio atskirų sluoksnių apdailos plokščių pavyzdžiai pateikiami 38 pav.

Viršutinio devono Kruojos svitos sluoksniuose yra parengtiniai išžvalgytas tik Savėlišio dolomito telkinys, kurio plotas 81,96 ha, o išteklių kiekis 5,5 mln. m^3 (35 pav.). Šis dolomitas yra gana poringas, su aleurito priemaiša, „cukraus“ tipo struktūros (žr. Narbutas, 1994). Dolomitas yra gelsvai ir šviesiai rusvai pilkas, gerokai minkštesnis nei Stipinų svitos dolomitas.

Viršutinio devono Žagarės svitos sluoksniuose yra detaliam išžvalgytas ir eksploatuojamas Skaistgirio dolomito telkinys, o Narbučių telkinyje šis sluoksnis bus pasiekiamas tik tuomet, kai bus iškastas arčiau paviršiaus detaliam išžvalgytos klinties klodas ir nukasta giliau klinties klodo esanti 2–8 m storio smėlingos ir molingos klinties, domerito ir molio tarpinė



38 pav. Apdailos plokščių pavyzdžiai iš Margių telkinio (Antano Jokumaičio archyvas).

danga. Tada bus pasiektas 7–10 m storio mažiau išdūlėjęs, lyginant su Skaistgirio karjeru, Žagarės svitos dolomitas. Skaistgirio dolomito telkinyje viršutinė klodo dalis, maždaug iki 1,8 m gylio, yra apdūlėjęs dolomitas. Giliau jo aptinkamas dideliais (iki 0,5 m³) blokais slūgsantis žalsvai pilkos spalvos su rausvomis dėmėmis, retomis kavernomis kietas, tankus dolomitas (žr. Narbutas, 1994).

Žagarės svitos dolomito tūrio svoris, priklausomai nuo kavernų dažnio ir tūrių, kinta plačiame intervale – nuo 2 150 iki 2 660 kg/m³; tūrio svoris 2 700–2 880 kg/m³. Dolomito skaldos markė – „400“, „600“, retai „800“ ir ypač retai „200“, „300“ ir „1200“. Statistiškai apskaičiuota garantinė markė „400“. Silpnų uolienu dalelių kiekis, priklausomai nuo skaldos frakcijos, kinta nedideliame intervale, bet paprastai neviršija 10 %. Aleurito ir molio priemaišų kiekis smulkioje 5–10 mm frakcijoje viršija leistiną ribą, kitose yra normos ribose – nuo 0,5 iki 1,0 %. Dolomito skaldos markė pagal nusidėvėjimą juostiniame būgne yra lygi N–III ir N–IV. Dolomitas atlaikė 25 užšaldymo ir atšildymo ciklus. Laboratorinių technologinių tyrimų bei ilgametės karjero veiklos duomenimis, Žagarės svitos dolomito skalda (ypač stambesnių frakcijų) iš esmės atitinka LST-1361.1:1995 reikalavimus ir tinka įvairių užpildų gamybai (žr. Juozapavičius, Armanavičius, 2008).

Skaistgirio dolomito telkinys aptiktas nedidelio ploto ledyno nenugremžtoje „saloje“. Ties telkinio aplinka iš visų pusių prekartero nuogulas sudaro giliau dolomito sluoksnių slūgsantis Švėtės svitos smėlis, smiltainis ir smėlingas dolomitas. Žagarės svitos tinkamo naudojimui dolomito klodai išlikę giliau kvartero sluoksnių dangos tik ties Jonišio ir Akmenės rajonų riba.

Klintis

Klintis – nuosėdinė karbonatinė uoliena, kurios sudėtyje vyrauja (daugiau kaip 50 %) mineralas kalcitas (CaCO₃), dažnai būna dolomito, aleurito ir molio priemaišų. Klinties panaudojimo sritis lemia jos grynumas, ypač Mg sudedamoji dalis. Pagal šių mineralų ir priemaišų kiekį bei jų santykį išskiriamos šešios klinties atmainos (3 lentelė), o pagal kalcio ir magnio santykį – keturios (4 lentelė).

Visi klinties telkiniai yra aptinkami viršutinio permo Naujosios Akmenės svitos nuogulų išplitimo zonoje, šiaurės rytinėje Akmenės rajono dalyje (10, 11 pav.). Čia Baltijos įdaubos rytinio šlaito viršuje, tektoninio nusklembimo zonoje, iki 38,2 m storio karbonatinių uolienu klodas slūgso po nestora (1–20 m) triaso, jūros ir kvartero nuogulų danga (žr. Kadūnas, 2001). Triaso nuogulos dengia permo klodą pietvakarinėje, jūros – lokaliuose plotuose labiau šiaurės rytinėje Akmenės rajono dalyje, o kvartero nuogulos – ištisai (39 pav.). Klinties klodas laipsniškai nyra pietvakarių kryptimi.

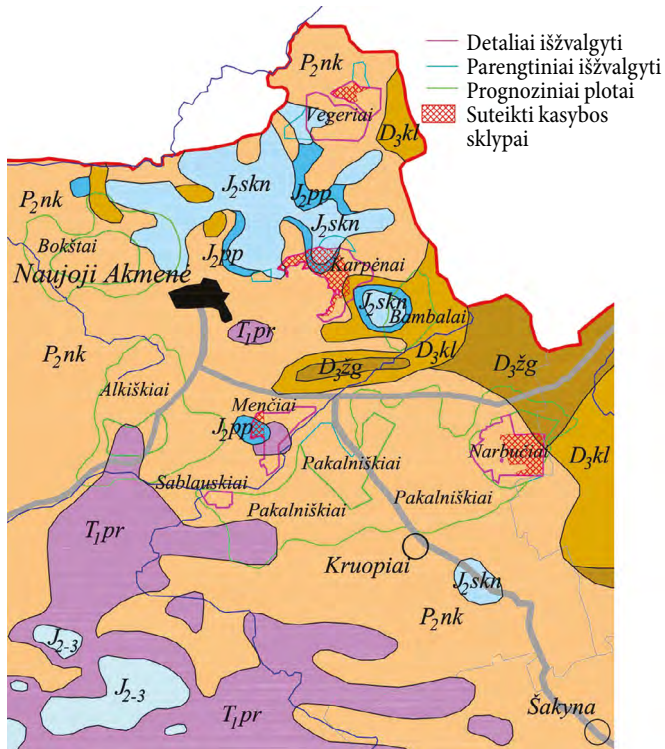
NEMETALINĖS NAUDINGOSIOS IŠKASENOS

3 lentelė. Klinties klasifikacija pagal mineralinę sudėtį (Gasiūnienė, Kadūnas, 1995)

Uolienos pavadinimas	Kiekis (%)		
	Kalcitas	Dolomitas	Molio mineralai
Klintis	80–100	0–10	0–10
Dolomitinga klintis	65–90	10–25	0–10
Dolomitinė klintis	50–75	25–50	0–10
Molinga klintis	65–90	0–10	10–25
Molinga dolomitinga klintis	50–80	10–25	10–25
Molinga dolomitinė klintis	45–65	25–45	10–25

4 lentelė. Klinties klasifikacija pagal Ca ir Mg santykį (Gasiūnienė, Kadūnas, 1995)

Uolienos pavadinimas	Ca/Mg
Klintis	>105
Mažai dolomitinga klintis	60–105
Dolomitinga klintis	16–60
Dolomitinė klintis	4,74–16



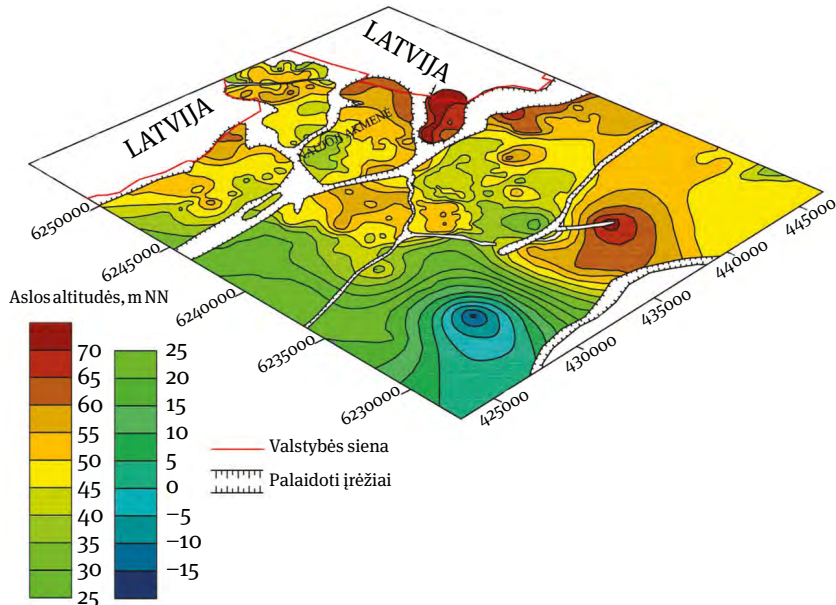
39 pav. Klinties telkinių ir prognoziųjų plotų išsidėstymo planas Akmenės rajone.

Ikipermis devono sluoksnių paviršius, ant kurio kaupėsi karbonatinis dumblas, yra gana nelygus (40 pav.). Jis turėjo reikšmingą įtaką ne vien tik klinties klodo storio kaitai, bet ir uolienos mineralinei bei cheminei sudėčiai (žr. Gasiūnienė, Kadūnas, 1997; Kadūnas, 2001).

Ant pakilumų, sudarytų iš devono ir karbono amžiaus įvairios sudėties uolienu, Naujosios Akmenės svitos apatinėje dalyje slūgsančio molingo klintinio pluošto uolienu storis yra mažesnis arba jo visai neaptinkama, o tarp kalvų yra didesnis (gali siekti iki 8–10 m). Tai susiję su nuogulų sedimentacijos sąlygomis, kai transgresuojančiai jūrai užliejus sausumą ant pakilumų nevyko sedimentacija, nes karbonatinį dumblą kartu su molinga terigenine medžiaga nuplaudavo bangavimas ir jis nusėdavo tarp kalvų esančiose vietovėse. Todėl tokiose vietose apatinė klinties klodo dalis yra molingesnė, kartais su mergelio lėšiais (žr. Kadūnas, 2001).

Pagal klinties klodų tyrinėtojus, jų formavimuisi ir nuosėdų sudėčiai esminę reikšmę turėjo Zechsteino sedimentacijos baseino raida. Chemogeninio karbonatinio dumblo susidarymo procesas yra palyginti greitas – apie 5–6 mm per 100 metų (žr. Chilingar, Bissel, 1967). Vykstant jūros transgresijai į šiaurę ir regresuojant pietų kryptimi, nuosėdų sedimentacijos trukmė atskirose jūros vietose buvo nevienoda, todėl ir klinties klodo storis gali skirtis net keliais metrais.

Sekloje jūroje šalia chemogeninio susidarė ir organogeninis kalcitas, kuris dabar aptinkamas kaip pelecipodų ir gastropodų kiautelių sankaupos,



40 pav. Viršutinio permio uolienu aslos paviršius Akmenės rajone (Gasiūnienė, Kadūnas, 1997a).

sudarančios storesnius, iki kelių metrų, organogeninės ir organogeninės-detritinės klinties klodus. Nevienodos sedimentacijos sąlygos kartu su vėlesniais posedimentaciniais procesais suformavo skirtingos mineralinės ir cheminės sudėties klodus. Klinties kokybei ir panaudojimui itin svarbūs yra CaO ir MgO kiekiai bei druskos rūgštyje netirpstančių mineralinių dalelių kiekis ir jų sudėtis. Pagal šių komponentų kiekius klinties klode išskiriami trys pluoštai (žr. Gasiūnienė, Kadūnas, 1997; Kadūnas, 2001).

Molingas klintinis pluoštas, dažniausiai 5–15 m storio, aptinkamas apatinėje karbonatinio kredo dalyje, yra sudarytas iš mažai molingos (netirpus likutis 5–10 %) ir molingos (netirpus likutis 10–25 %) kristalinės klinties. Šio sluoksnio apačioje pasitaiko mergelio, domerito ir molingos dolomitinės klinties lęšių. Vietomis giliuose įrežiuose molingas klintinis pluoštas užima visą išlikusį pjūvį. Dažniausiai ši kredo dalis nepriskiriama naudingam ir paliekama apsaugoti karjerą nuo giliau slūgsančio požeminio vandens pritekėjimo į iškasą.

Klintinis pluoštas (8–18 m storio) daugiausia yra sudarytas (apie 80–90 %) iš kristalinės klinties. Likusią pjūvio dalį sudaro organogeninės, gniutulinės, granuliuotos ir oolitinės klinties atmainos. Kai kur šiame pluošte atsiranda daugiau terigeninės medžiagos ir klintis tampa molinga. Tokiose vietose, kur virš šio klinties pluošto slūgso dolomitinės uolienos, taip pat žemiau aptinkama klintis dėl padidėjusio Mg kiekio tampa dolomitinga.

Dolomitinis pluoštas iki kelių metrų storio aptinkamas Akmenės rajone esančių karbonatinių uolienu viršutinėje dalyje. Jį sudaro dolomitas ir klintingas dolomitas (žr. Gasiūnienė, Kadūnas, 1997; Kadūnas, 2001). Šis sluoksnis randamas tik nenuoduotuose arba mažai nenuoduotuose plotuose.

Klinties panaudojimą nulemia keturių svarbiausių komponentų – CaO, MgO, SiO₂ ir Fe₂O₃ kiekis. Pagal šiuos rodiklius sudaryta pramoninė klinties klasifikacija (žr. Gasiūnienė, Kadūnas, 1997a). Išskirtos 6 pramoninės klinties atmainos (5 lentelė).

Itin švarios klinties, kuri atitiktų I grupės pramonės šakų žaliavos kokybei nustatytas ribines vertes, Lietuvos klinties klode beveik nėra, išskyrus nestorus 1,2–2,7 m tarp sluoksnius detalai išžvalgytame Karpėnų ir parengtiniai išžvalgytame Bokštų telkiniuose. Labai švari klintis Akmenės rajone taip pat aptinkama tik atskirais tarp sluoksniais, nors jų yra daugiau nei I grupės itin švarios klinties. Tokie tarp sluoksniai dažnesni parengtiniai išžvalgytame Bokštų telkinyje (žr. Kadūnas, 2001).

Švarios klinties svarbiausias kokybės rodiklis yra netirpaus likučio dalis, kuri neturėtų viršyti 2,0 %, ir mažas SiO₂ kiekis. Tokios klinties 0,3–12,8 m storio sluoksnių aptikta Bokštų, Alkiškių ir Karpėnų telkiniuose (žr. Kadūnas, 2001). Švari molingesnė klintis (IV pramoninės grupės) sudaro apie 40 % Karpėnų telkinio išteklių. Tokie klodai eksploatuojami neselektyviai ir tai supaprastina bei atpigina gavybos procesą.

2 skyrius

5 lentelė. Klinties klasifikacija pagal svarbiausius jos panaudojimimą limituojančius rodiklius (Kadūnas, 2001)

Klinties atmaina ir komponentai (%)	Kiekis (%)						Kiekis (ppm)			Grupė	Gamybos rūšys	
	CaO	MgO	NL*	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P	S	F			
	>	<										
Itin švari klintis CaO > 54,3, MgO < 0,5, NL < 0,8, SiO ₂ < 0,5, Fe ₂ O ₃ < 0,1					0,15						I	Balto cemento
					0,1	0,5						Aukštos kokybės stiklo
	54,3			0,5								Citrinos rūgštis
	54,3	0,57			0,15	0,3						Chemiškaai nusodintos kreidos
	54,5	0,5	0,6									Kalcio oksido hidrato
	54		1,0								Lako ir dažų	
Labai švari klintis CaO > 53,2, MgO < 1,0, NL < 1,5, SiO ₂ < 1,0	53,0	1,0									II	Sulfatinės celiuliozės
	52,5	1,0			0,3							Celiuliozei baltinti
	53,8	1,0		1,5			100	1000				Kalcio karbido
	53,2	1,44				1,0						Kalcionuotos ir kaustinės sodos
	53,2									20		Maistinio precipitato
	53,0				0,2						Stiklo (JK-53-02)	
Švari klintis CaO > 52,0, MgO < 2,0, NL < 2,0, SiO ₂ < 1,5	53,2	2,0									III	Dūmams valyti
	52,0		2,0				100	600				Kalcio salietros
	52,0		2,0	1,6								Ketui lydyti
	52,0		2,0	1,5		1,0	100	600				Geležiai ir plienui lydyti
Švari molingesnė klintis CaO > 52,0, MgO < 2,0, NL < 4,0, SiO ₂ < 4,0	52,1			5,5	1,3						IV	Chlorkalkių
	52,1	1,92		3,0								Metalinio magnio
	52,1	1,92			3,0							Naftos grežiniams praplauti
	52,0			3,0			500	2500				Sulfidinės celiuliozės bokštiniu būdu
Mažai molinga klintis ir mažai molinga dolomitinga klintis CaO > 47,6, MgO < 3,36, NL < 8,0	50,0	3,0									V	Vandens nuotekoms valyti
			5,0		1,7							Mineralinių miltelių asfaltbetonio
	47,6		5,0					2000				Gyvulių ir paukščių pašaro priedo
	47,6	3,22										Cemento
	47,6	3,36	8,0									Statybinių kalkių ir cukraus
	48,2	2,88	8,0									Odos
	50,4										Superfosfato	
A. Dolomitinga ir dolomitinė klintis 11 < MgO < 3,36, NL < 10	CaCO ₃ +MgCO ₃ > 85 %										VI	Klntmilčių dirvoms kalkinti
B. Dolomitas MgO > 11, NL < 10												

* Netirpus likutis.



41 pav. Interjero detalė iš poliruotos Naujosios Akmenės svitos klinties (Antano Jokumaičio archyvas).

Akmenės rajono klinties telkiniuose ir prognoziniuose plotuose daugiausiai yra V pramoninės grupės mažai molingos klinties ir mažai molingos dolomitinės klinties. Tai didžioji dalis detaliai išžvalgytų ir naudojamų Vegerių, Narbučių, Karpėnų ir Menčių telkinių išteklių. Šis faktas atveria neribotas galimybes naudoti iškasamą klinties žaliavą cemento, statybinių kalkių, cukraus ir superfosfato gamybai, nes išteklių kiekis – milžiniškas.

Dolomitinga ir dolomitinė klintis, kaip ir kitos sudėties dolomitinės uolienos, dėl gausesnio MgO kiekio labiausiai tinka rūgščioms dirvoms kalkinti. Dėl singenetinės ir epigenetinės dolomitizacijos šių uolienu yra gana daug, tačiau ne detaliai išžvalgytuose telkiniuose, o Pakalniškių prognoziniame plote (žr. Kadūnas, 2001).

Nors Lietuvos klintis nėra įvertinta kaip apdailos ar statybinis akmuo, tačiau pasaulyje ši uoliena plačiai naudojama. Pavyzdžiui, Talino senamiestis yra sumūrytas iš laužtos klinties plytų. Estai gamina ir dekoratyvinius dirbinius iš šlifotos klinties. Tokių bandymų yra ir Lietuvoje. Akmens apdirbėjas A. Jokumaitis, kurio įmonė eksploatuoja Vegerių klinties telkinį, turi puikių eksperimentinių interjero dirbinių iš Naujosios Akmenės svitos klinties. Poliruoti šviesiai gelsvos su pilku atspalviu paviršiai su faunos pėdsakais yra itin malonūs ir veikia raminančiai (41 pav.). Toks Lietuvos permo klinties panaudojimas gali būti dar vienu dekoratyvinio akmens šaltiniu.

Kreidos mergelis

Kreida yra ne tik uoliena, jos pavadinimas yra suteiktas vienam Žemės vystymosi geologiniam periodui. Balta, švari kreida, turinti daugiau kaip 95 % CaCO_3 , būna sudaryta beveik vien iš smulkių gyvūnų (foraminiferų, kokolitoforidų ir kt.) kiautelių, jų detrito bei pelitomorfinio kalcito (žr. Kadūnas, 1994). Dauguma kreidos nuogulų turi molio, aleurito, smėlio ir autigeninio chalcedono priemaišų bei titnago gniužulų. Kai terigeninės medžiagos, daugiausia molio, priemaišų yra daugiau nei 25 %, uoliena tampa pilkesnė, melsvo arba gelsvo atspalvio ir vadinama kreidos mergeliu.

Pagal cheminę sudėtį kreidos atmainos analogiškos klinties uolienai, todėl daugelyje naudojimo sričių jos gali keisti viena kitą. Lietuvoje grynų kreidos nėra, aptinkama molinga kreida ir kreidos mergelis.

Detaliai išžvalgyti 7 kreidos mergelio telkiniai. Du iš jų – Karališkių (Šakių r. Nemuno slėnyje) ir Juodžių (Vilniaus rajono pietinėje dalyje) – slūgso *in situ*, o Varėnos rajone esantys Kukiškių, Matuizų, Mielupių, Šarkiškių ir Voriškių telkiniai yra ledyno atplėšti nuo senųjų kreidos periodo sluoksnių sušalę luistai, pernešti į kitą vietą. Jų sandara labai sudėtinga: tame pačiame detaliai išžvalgytame plote naudingas kreidos mergelio sluoksnio kraigas vienoje vietoje yra arti žemės paviršiaus, kitoje vietoje to paties klodo paviršius padengtas 9–15 m kvartero nuogulomis. Naudingojo klodo storis 0,6–25,7 m; dažniausiai vidutinis ištirtų luistų kreidos mergelio storis yra 8,4–13,3 m.

Varėnos apylinkių telkinių naudingąjį klotą sudaro turonio, konjakio ir santonio kreidos mergelis. Šis mergelis turi gausią terigeninės medžiagos priemaišą, kartais iki 72,2 %, Matuizos telkinyje ji vidutiniškai sudaro 48,2 %. Kai kurios klotų dalys turi iki 20 % glaukonito priemaišų. Jose taip pat dažni titnagingo mergelio iki 0,5 m storio lėšiai. Autigeninis chalcedonas kreidos mergelyje sudaro iki 30 %.

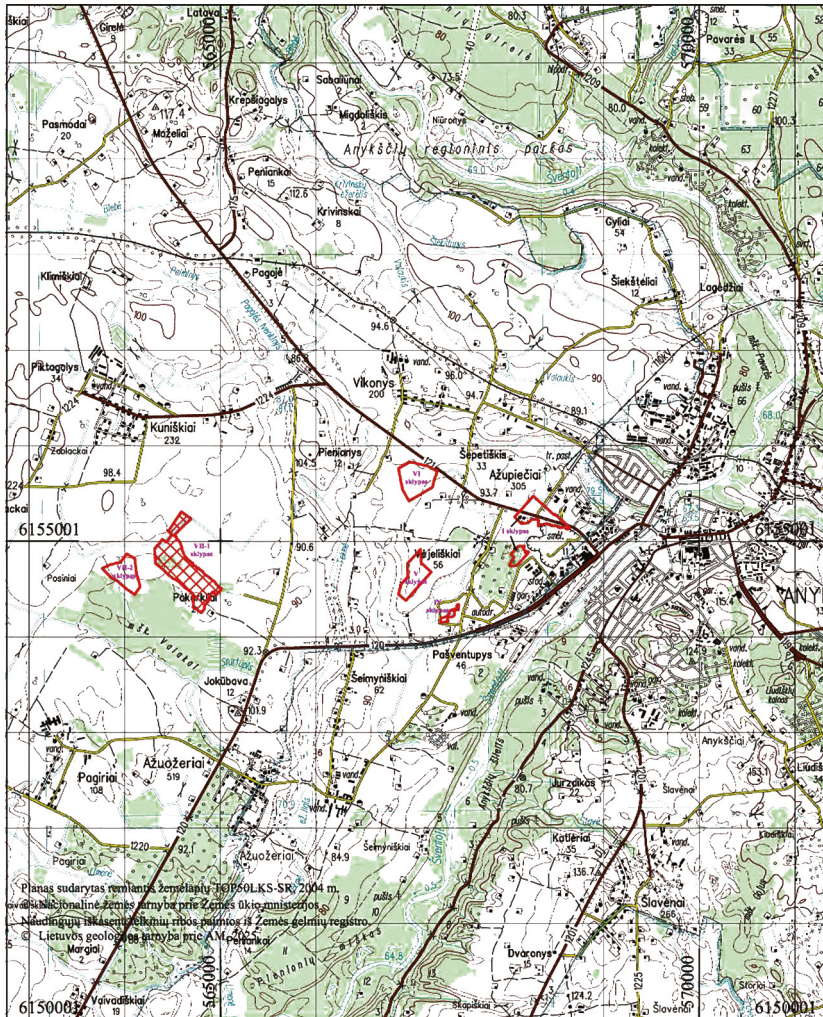
Dėl nepastovios sandaros ir kokybės šios grupės telkiniai nėra naudojami. Kartais aplinkinių žemių kalkinimui kreidos mergelis kasamas mažiausiam Juodžių kreidos mergelio telkinyje, kurio plotas – vos 0,57 ha, bet jame šiuo metu yra 25 tūkst. m³ išteklių. Per pastaruosius 17 metų tik 2020 m. buvo iškasta 4 tūkst. m³ kreidos mergelio aplinkinėms žemėms kalkinti. Mažo telkinio eksploatavimas neatlaiko konkurencijos su stambiais dirvų kalkinimo žaliavos tiekėjais iš Akmenės ir Pakruojo rajonų.

Šakių rajone, Nemuno slėnyje, apie 800 m nuo upės kranto 15,3 ha plote yra išžvalgytas Karališkių kreidos mergelio telkinys, kurio išteklių sudaro 2 503 tūkst. m³. Čia po 1–18 m (vidutiniškai 9,3 m) danga pasiekta mastrichčio aukšto molinga kreida ir kreidos mergelis. Detaliai išžvalgyto klodo storis kinta nuo 8 iki 23 m (vidutiniškai – 17 m). CaCO₃ kiekis kinta nuo 73,2 iki 84,1 % (vidutiniškai sudaro 79,3 %). Į sluoksnio apačią daugėja molio priemaišų, o kartu ir MgO. Kreidos mergelis sudarytas iš įvairių mikrofaunos kriauklelių ir jų fragmentų (apie 30–50 %), vyrauja įvairios foraminiferų rūšys. Yra glaukonito priemaišų.

Sovietmečio pabaigoje planuota šio telkinio žaliavą naudoti rišamųjų medžiagų gamybai. Tuo metu Akmenėje gaminamą cementą Maskvos valdininkai siūsdavo į Sibiro statybas, todėl Lietuvoje cemento trūko. Dėl sudėtingų kasybos sąlygų – vandeningo klodo ir tiesioginio hidraulinio ryšio su Nemunu – šios veiklos buvo atsisakyta. Dabartiniu metu detaliai išžvalgyto telkinio centre yra sodyba, dalis jo ploto apaugusi mišku. Esant itin gausiems ir geresnės kokybės karbonatinės žaliavos ištekliams viršutinio permio klotuose Akmenės rajone, kreidos mergelio telkinių išteklių nėra konkurencingi ir vargu ar bus pradėti naudoti.

Kvarcinis monomineralinis smėlis

Neogenas. Kvarciniu mineraliniu smėliu laikoma reta smėlio atmaina, kurioje mineralo kvarco kiekis viršija 90 %. Lietuvoje tokį smėlį pirmą kartą aprašė M. Kaveckis Šventosios upės atodangose 1928 m. (žr. Kaveckis, 1931). Tai neogeno periodo smėlis, kurio 7 klodai detaliam išžvalgymui Anykščių rajone ir miesto teritorijoje (42 pav.). Du iš jų jau iškasti. Kai kurie patenka į Anykščių miesto teritoriją, juos kerta gatvės ir inžineriniai tinklai, todėl ne visi galės būti panaudoti, nors tai yra itin retas aukščiausios kokybės smėlis.



- Detaliam išžalgyti Anykščių kvarcinio monomineralinio smėlio telkinio plotai
- ▨ Eksploatuojami plotai

42 pav. Anykščių kvarcinio monomineralinio smėlio telkinio detaliam išžalgytų plotų išsidėstymas, M 1: 50 000.

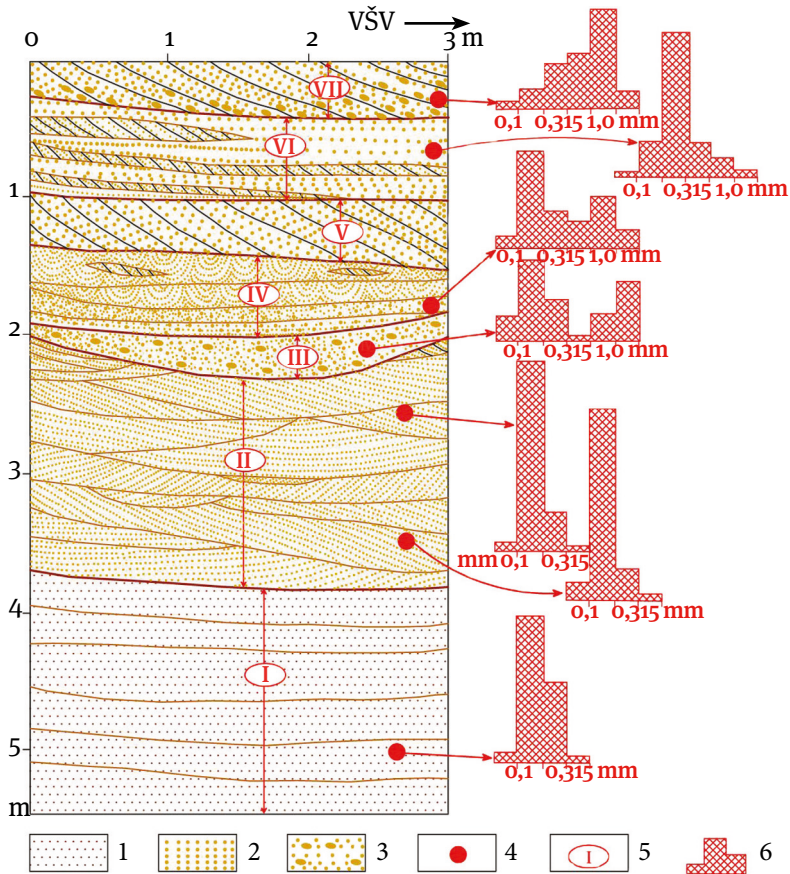
Labai grynas kvarcinis monomineralinis smėlis susidaro intensyviai chemiškai dūlėjant kvarco turinčioms uolienoms, kelis kartus persiformuojant eliuviui. Taip nutinka šiltame humidiniame klimato, kai santykinai plokščias reljefas ir mažos amplitudės Žemės plutos judesiai sudaro sąlygas ilgą laiką žemės paviršiuje formuotis dūlėjimo žievei. Tai buvo būdinga Šiaurės rytų Lietuvai neogeno periode. Palinologė dr. O. Kondratienė Anykščių kvarcinio monomineralinio smėlio karjero suanglėjusios organinės medžiagos lęšyje nustatė čia augusias palmas, o remiantis augalų visumos tyrimais buvo apskaičiuota, kad vidutinė metinė temperatūra galėjo būti apie 27–27,5 °C. Čia augo vešlūs tropiniai miškai, kurie generavo daug organinių rūgščių. Jos ir buvo pagrindinė priežastis, kodėl feldšpatinis kvarcinis viršutinio devono Šventosios svitos smėlis, sudarytas iš menkai apzultintų grublėtų grūdelių, veikiamas rūgštaus vandens, virto beveik vien tik kvarciniu. Vidutinis šio mineralo kiekis Anykščių telkinyje sudaro 97,9 %. Toks smėlis yra akinančiai baltas (43 pav.).

Devono smėlio ir smiltainio dūlėjimo pluta buvo ardoma, pernešama upių, rūšiuojama, nuguldoma upių vagose, terasose ir ežeruose. Jų pakrantėse bangos dar kartą smilteles surūšiuodavo pagal rupumą ir išplaudavo molingas daleles. Menkai apzultintų kvarco grūdelių briaunos ir kampų viršūnės turi didesnę elektrinę krūvį, todėl intensyviau yra gludinamos. Rūgščioje aplinkoje visi mineralai, išskyrus kvarcą ir labai retai aptinkamus sunkiuosius mineralus (rutilą, cirkoną, granatą, leikoksena), ištirpsta, o kvarco grūduliai tampa idealiai nublizginti, glotnaus paviršiaus, kaip nučiulpti ledinukai.

Anykščių kvarcinio monomineralinio smėlio poligenetinė kilmė yra užfiksuota atidengto karjero sienelėje (44 pav.). Šis smėlis buvo suklotas ežere ir upės vagoje. Apatinėje klodo dalyje slūgso gerai išrūšiuotas, horizontaliai sluoksniuotas, smulkus ežero dugne nusėdęs smėlis (I sluoksniu). Aukščiau jo apie 1,6 m storio aptinkami ežero pakrantėje



43 pav. Anykščių kvarcinio monomineralinio smėlio karjeras (UAB „GJ Magma“ archyvas). M. Trakymo nuotr.



Smėlis: 1 – smulkus, 2 – vidutinis, 3 – rupus ir itin rupus su žvirgždo grūdeliais, 4 – ėminių vietos, 5 – sluoksnių Nr., 6 – granulimetrinės sudėties histogramos.

44 pav. Anykščių kvarcinio monomineralinio smėlio karjero sienelės nuogulų sandara ir granulimetrinė sudėtis.

suklostyti lėšiai, kuriuose smėlis – itin gerai išrūšiuotas, nes jį sudaro beveik vien 0,1–0,25 mm skersmens grūdėliai (II sluoksnis). Į šį pakrantėje atklotą smėlio sluoksnį įsirėžia nevienalytės granulimetrinės sudėties nesluoksniuotas, upės erozijos sujauktas smėlio lėšis, turintis itin rupaus smėlio ar netgi smulkaus kvarco žvirgždo priemaišų (III sluoksnis). Virš šio mišrios granulimetrinės sudėties lėšio jau ramesnėmis sąlygomis klostėsi vos pastebimo sluoksniuotumo smulkus, su rupių grūdelių priemaiša smėlis. Šį IV sluoksnį viršutinėje dalyje užbaigia smulkaus smėlio lėšiai, kuriuose matomos bangavimo ruzgos. Pjūvio viršuje atsiranda daug rupesnio, įstrižai sluoksniuoto, upės vagoje atkloto smėlio, jį suskaido ploni smulkaus smėlio tarp sluoksniai ir lėšiai, kuriuose įstrižų sluoksnelių polinkio kampai yra ryškiai lėkštesni nei vaginio aliuvio sluoksniuose. Tai silpnų srovių (tikėtina upės salpoje) sukloti tarp sluoksniai.

Neogeno nuogulos, kuriose galima rasti monomineralinio kvarcinio smėlio, prieinamo eksploatuoti atviruoju būdu, nedidelėmis salomis išplitusios Anykščių rajone – nuo Aknystos upelio žiočių iki Kavarsko (žr. Juozapavičius, 1994). Čia šios nuogulos slūgso ant nelygaus viršutinio devono Šventosios svitos paviršiaus, maždaug 65–83 m virš jūros lygio. Tai nedideli prekartero paviršiaus salų tipo pakilimai, išlikę po ledyno egzarcacijos.

Anykščių monomineralinio kvarcinio smėlio telkinyje (visuose sklypuose) kvartero nuogulų dangos storis yra 2,7–12,9 m (atskiruose sklypuose vidutiniškai 6,7–9,5 m). Naudingojo klodo storis siekia 1–13,8 m (vidutiniškai 4,6–5,5 m). Šis smėlis – dažniausiai smulkus, rečiau – įvairaus rupumo. Kai kur aptinkamas aleuritas, sudarytas vien tik iš kvarco grūdelių. Tokios itin retos nuogulos vadinamos maršalitu. Šiose nuogulose priemaišą sudaro feldšpatas – apie 0,65 %, žėrutis (muskovitas) – 0,03 %, karbonatai – 0,02 %. Cheminė procentinė smėlio sudėtis: SiO_2 – 97,5–99,38 (vidutiniškai 98,5), Al_2O_3 – 0,12–2 (0,6), Fe_2O_3 – 0,03–0,8 (0,36), TiO_2 – iki 0,16 (0,11), Cr_2O_3 – apie 0,0002 (žr. Juozapavičius, 1994).

Anykščių telkinio monomineralinis kvarcinis smėlis naudojamas stiklo, pasižyminčio aukštu šviesos pralaidumu, taip pat polimerbetonio, porceliano, stiklo pluošto gamybai. Iš jo gaminami geriamojo ir buitinio vandens filtrai, statybiniai mišiniai, glaistai, užpildai ir kt. Žaliavoje, naudojamoje aukšto pralaidumo stiklui gaminti, turi būti itin mažas jį dažančių cheminių elementų (geležies, chromo, titano) bei išlydyto stiklo masėje sunkiai tirpstančių mineralų (cirkono, disteno) kiekis.

Karjere iškastas smėlis gamykloje praturtinamas. Po šio proceso UAB „Anykščių kvarcas“ deklaruoja, kad SiO_2 yra daugiau kaip 98,5 %, Fe_2O_3 – yra ne daugiau kaip 0,05 %, Al_2O_3 – ne daugiau kaip 0,6 %. Praeityje po dvigubo flotacijos proceso iš šio produkto Panevėžyje buvo gaminamas krištolas. Tokiu atveju Fe_2O_3 kiekis turėjo sumažėti iki 0,015 %, tačiau ne visada tą pavykdavo pasiekti, nes geležies junginiai gamtiniame smėlyje yra įvairios kilmės ir netolygiai pasiskirstę. Geležies turi sunkieji mineralai – ilmenitas, magnetitas, limonitas, leikoksenas, kaip priemaišos šio elemento randama feldšpate, žėrutyje, molio mineraluose. Kai kur klode jis sudaro plėvelę ant smiltelių (toks smėlio lęšis tampa gelsvas), jo pasitaiko netgi kvarco kristalinėje gardelėje. Pastaruoju atveju smėlio flotacijos metu geležies pašalinti neįmanoma.

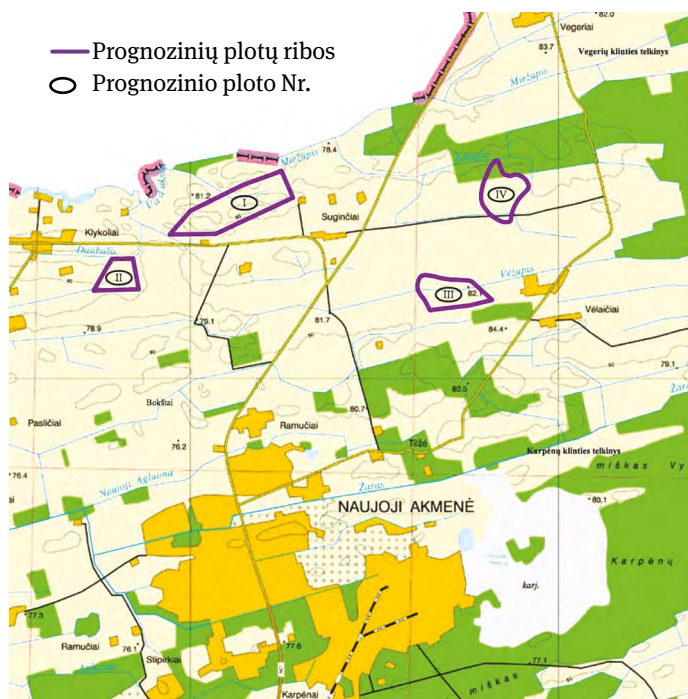
Šiuo metu visuose detaliai išžvalgyto Anykščių monomineralinio kvarcinio smėlio sklypuose yra 3 273 tūkst. m^3 išteklių (19 pav.), tačiau, kaip jau minėta, ne visi iš jų yra prieinami naudoti. Šio smėlio XXI a. kasmet iškasama vidutiniškai apie 38 tūkst. m^3 (5 pav.).

Jura. Akmenės rajone 1957–1994 m. atliekant klinties telkinių paieškas ir žvalgybą buvo kaupiama informacija apie dengiančių nuogulų sudėtį

bei paplitimą. Kai kuriuose gręžiniuose vidurinės jūros periodo kelovėjaus aukšto nuogulose buvo aptikta kvarcinio smėlio. Vėliau Lietuvos geologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos organizavo tikslinius tyrimus. Apibendrinta ataskaita parengta 1997 m. (žr. Stankevičius, 1997). Tyrimų metu buvo išskirti 4 prognoziniai kvarcinio monomineralinio smėlio plotai (45 pav.).

Šiose nuogulose dominuojantis kvarco kiekis atsirado dėl mezozojaus eroje Lietuvos ir gretimų kraštų penneplenizacijos, lėtų žemės plutos lygio svyravimų ir karšto klimato. Tai sudarė sąlygas formuotis storesnei dūlėjimo žievei. Dėl šio proceso galutiniame produkte kaupiasi atspariausias chemiškai dūlėjimui mineralas – kvarcas. Šis mineralas yra pagrindinis SiO_2 kiekio nuogulose nešėjas. Jo kiekis išskirtuose prognozinuose monomineralinio kvarcinio smėlio plotuose kinta nuo 91,71 iki 96,84 %. Pirmajame sklype kvarcas vidutiniškai sudaro 95,11 %, antrajame – 93,35 %, trečiajame – 95,89 %. Ketvirtajame sklype yra paimtas tik vienas mėginys, kuriame SiO_2 – tik 88,92 % (žr. Stankevičius, 1997), todėl šio ploto tyrimai dar nėra pakankami.

Visų prognozinų plotų sandara yra panaši. Dangą sudaro viršutinio pleistoceno Baltijos posvītės glacialinės priemolio ir priemolio nuogulos,



45 pav. Jūros periodo kvarcinio monomineralinio smėlio prognoziniai plotai (prognozinų plotų ribos paimtos iš Žemės gelmių registro, 2025).

kurių storis pirmajame plote kinta nuo 1,8 iki 7,0 m (vidutiniškai sudaro 4,6 m), antrajame – nuo 5,4 iki 8,0 m (vidutiniškai sudaro 6,2 m), trečiajame – nuo 2,0 iki 6,0 m (vidutiniškai sudaro 4,1 m), ketvirtajame – nuo 4,8 iki 8,0 m (vidutiniškai sudaro 6,2 m) (žr. Stankevičius, 1997).

Naudingąjį klodą sudaro tamsiai pilkas rudo atspalvio smulkus smėlis (tik II plote rupesnis – iki vidutinio). Molingų-aleuritinių dalelių kiekis neviršija 3 %. Smėlis gerai išrūšiuotas, mažai karbonatingas, tačiau užterštas smulkiadispersine išsklaidyta organine medžiaga iki 3,5 %. Ši organinės medžiagos priemaiša gali būti didesnių Fe_2O_3 ir sieros kiekių nuogulose šaltinis, joje aptinkama piritu. Geležies oksido kiekis smėlio klode kinta nuo 0,59 iki 1,23 %: vidutiniškai pirmajame plote sudaro 1,1 %, antrajame – 0,99 %, trečiajame – 0,78 %. Sieros kiekis kinta nuo 0,09 iki 0,15 % (vidutiniškai sudaro 0,1–0,12 %). Organinė medžiaga smėlio sodrinimo metu gali būti pašalinama, todėl svarstytinas šio smėlio panaudojimas stiklo gamybai.

Naudingojo klodo storis pirmajame plote kinta nuo 9,8 iki 17,4 m (vidutiniškai sudaro 12,7 m), antrajame – nuo 3,8 iki 14,7 m (vidutiniškai sudaro 10,5 m), trečiajame – nuo 10,0 iki 14,1 m (vidutiniškai sudaro 11,3 m), ketvirtajame – nuo 12,0 iki 14,6 m (vidutiniškai sudaro 12,7 m). Dangos ir naudingojo klodo santykis kinta tarp 0,36 ir 0,59 ir yra palankus karjerui įrengti.

Prognoziniai kvarcinio monomineralinio jūros periodo smėlio ištekliai visuose prognoziniuose 147 ha plotuose sudaro 18 mln. m^3 . Praverstų ir detalesni tyrimai, nes Latvijoje, nelabai toli nuo Lietuvos sienos, tose pačiose nuogulose yra išžvalgytas Skrudų stiklo formavimo smėlio telkinys, kuriame kvarco kiekis sudaro 96,1–99,1 % (žr. Straume et al., 1997). Šio aukštos kokybės smėlio telkinio sudėtis prilygsta Anykščių kvarciniam monomineraliniam smėliui, tačiau šiuo metu jis nenaudojamas.

Prekvartero molis

Molis yra nuosėdinė, smulkiadispersinė plastiška uoliena, sudaryta iš molio mineralų: kaolinito, hidrožėručių, montmorilonito, chlorito ir kt. Daugiau kaip pusė molio mineralų dalelių yra smulkesnės nei 0,01 mm ir ne mažiau kaip 30 % dalelių – nei 0,005 mm. Uoliena dažnai turi kvarco, feldšpato, karbonatų grūdelių, kartais organinės medžiagos ar adsorbuotų kationų priemaišų. Nors molis susidaro chemiškai dūlėjant uolienoms, tai nėra cheminės kilmės nuosėdos, nes molio mineralai neišsikristalizuoja iš tirpalų. Tai itin paplitusi Žemės plutoje uoliena. Lietuvoje visų geologinių sistemų sluoksniuose yra molio, bet ypač kambro, silūro, devono, triaso, jūros, kvartero. Molio sluoksnių praktinė reikšmė dažniausiai priklauso nuo klodo slūgsojimo gylio.

Smulkioms molio dalelėms nusėsti reikia ramios aplinkos: gilesnių jūros vietų, izoliuotų lagūnų, prieledyninių marių, centrinių ežerų dalių. Klimatas, paleogeografinė aplinka, diagenėzės sąlygos lemia molio mineralinę (cheminę) sudėtį, spalvą, priemaišų pobūdį (konkrecijų, organinės medžiagos), kiekį ir dydį.

Lietuvoje prekvartero sluoksniuose yra išžvalgyti du telkiniai – apatinio triaso Nemuno svitos ir viršutinio devono Šventosios svitos nuogulose.

Devono periodo molio telkinys 1950–1966 m. išžvalgytas Šventosios upės slėnyje, Ukmergės miesto rytiniame pakraštyje, kur Dukstynos upelio slėniuko skardžiuose nuo seno buvo žinomos molio atodangos (46 pav.). Tai nedidelė dalis Lietuvoje plačiai išplitusios viršutinio devono Šventosios svitos terigeninių nuogulų, kurios daugiausia sudarytos iš smėlio ir silpno smiltainio su molio lėšiais. Tačiau šios nuogulos netoli žemės paviršiaus aptinkamos tik Šventosios slėnyje.

Ukmergės molio naudingasis klodas apima Šventosios upės I ir II viršsalpinių terasų cokolius. Aliuvinės dangos, o vietomis ir moreninio



46 pav. Ukmergės molio telkinio situacinis ortofoto planas (telkinio ribos paimtos iš Žemės gelmių registro, 2025).

priemolio ar durpių bendras storis sudaro 1,6–7,3 m (vidutiniškai 4,2 m). Giliau slūgsančio naudingojo klando storis kinta nuo 4 iki 15,2 m (vidutiniškai 10,2 m). Liesą naudingojo klando molį suskaido blogai išrūšiuoto priemolio, priemolio, aleurito ar smulkaus žerutingo smėlio lėšiai. Tai tipiškas laikinų srautų ir patvankų sedimentacinis klandas. Jis slūgso ant dar rupesnių terigeninių viršutinio devono Šventosios svitos nuogulų. Vidutinio ar smulkaus molio (<0,005 mm) frakcijų kiekis kinta nuo 10,2 iki 51 %. Tai pats liesiausias iš visų Lietuvoje išžvalgytų molio telkinių, kuris pagal granulimetrinės sudėties rodiklius tampa aleuritu. Dėl šios aplinkybės naudingoji iškasena turi daug SiO₂ (68 %) ir aliuminio, geležies bei titano oksidų (bendras jų kiekis vidutiniškai sudaro 14,4 %), o CaO ir MgO – tik 1,2–1,5 %.

Prieš porą dešimtmečių iš šio telkinio molio buvo gaminamos keraminės plytelės (fasadinės, inertinės, dekoratyvinės, grindų), kokliai, restauracijos dirbiniai. Kasmet buvo iškasama 15–17 tūkst. m³ žaliavos. Iš Ukmergės molis buvo vežamas į Vilnių, Dvarčionių gamyklą. Didelis transportavimo atstumas ir nuo sovietmečio išlikusi imli energijai technologija sužlugdė molio naudotojus.

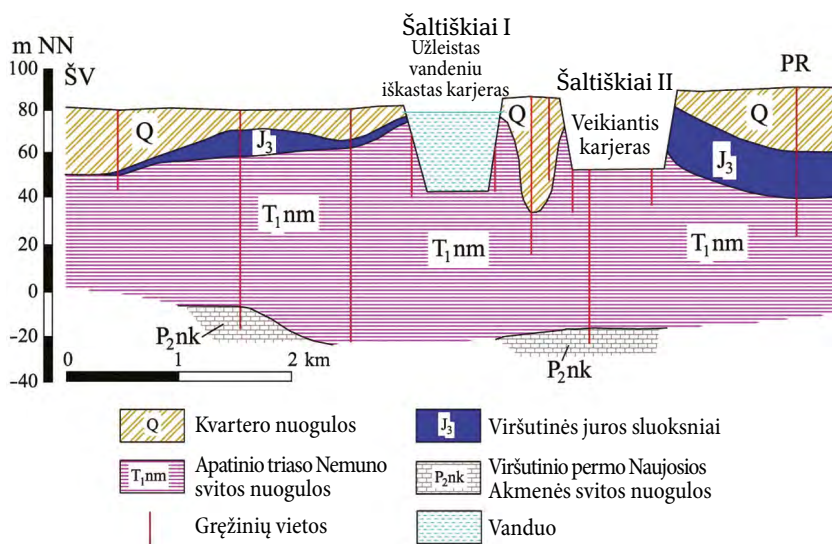
Per visą praėjusį kasybos laikotarpį Ukmergės molio telkinyje iškasta apie 340 tūkst. m³ žaliavos. Pastaruoju dešimtmečiu karjeras yra apleistas, didžiojoje kasybos sklypo dalyje auga miškas (46 pav.).

Triaso periodo tinkamas eksploatuoti molis išplitęs Akmenės rajone, klando storis daugiau kaip 100 metrų. Nuo seno jis žinomas Purmalių mergelio pavadinimu. Praktikos tikslams pradėtas tyrinėti nuo XX a. 3-jojo dešimtmečio (žr. Dalinkevičius, 1930), tačiau tik 1948–1962 m. buvo detalčiai išžvalgyti Alkiškių ir Šaltiškių pirmieji molio telkiniai, o 1972 m. ir šiuo metu naudojamas Šaltiškių II molio telkinys. Nors didelio storio triaso molio klandas išplitęs plačiai, tačiau karjerui įrengti ieškomi plotai, kuriuose kvartero ir jūros periodų dengiantys sluoksniai yra plonesni (47 pav.).

Produktyvus molio klandas slūgso ant viršutinio permio klinties išplauto paviršiaus. Bendras šio klando aslos polinkis pietų ir pietvakarių kryptimis yra 2°. Molis rudas arba raudonai rudas, su melsvai pilko molio lėšiais ir tarp sluoksniais. Giliausiame Lietuvoje Šaltiškių II telkinio karjere molio spalvų gama – kerinti (48 pav.).

Rausvo atspalvio molis yra plastiškas, kai kur – gniutulinės tekstūros. Melsvai pilko molio lėšiuose būna plonų (1–10 mm storio) smulkaus kvarcinio smėlio ar aleurito lėšiukų. Kai kur viršutinėje sluoksnio dalyje pasitaiko iki 3 cm skersmens karbonatinių kongrecijų, o smėlinguose tarp sluoksniuose – net 1–3 mm dydžio žvirgždo.

Naudingasis klandas šiuose telkiniuose detalčiai išžvalgytas tik viršutinėje storumės dalyje iki 40 m absoliutaus aukščio, o parengtiniai – dar 20 m giliau. Šiuo metu eksploatuojamo Šaltiškių II molio telkinyje



47 pav. Apatinio triaso Nemuno svitos molio nuogulų pjūvis Šaltiškių telkinių zonoje Akmenės rajone.

naudingo sluoksnio storis kinta nuo 34 iki 49 m (vidutiniškai 43,7 m.). Šis klotas yra kelis kartus storesnis nei kituose Lietuvoje išvalgytuose molynuose.

Triaso molis yra vidutiniškai dispersiškas (<0,005 mm frakcijos kiekis Šaltiškių II telkinyje kinta nuo 50,1 iki 59,6 %, vidutiniškai – 56,6 %), geležingas – Fe_2O_3 3,85–8,19 % (vidutiniškai 6,4 %), dolomitizuotas (vidutiniškai CaO – 10,4 %, MgO – 3,7 %). Koloidinė molio frakcija sudaryta iš hidrožeručio (50–60 %), montmorilonito (3–40 %) ir chlorito (5–10 %). Tiek daug montmorilonito kitų geologinių sistemų molyje nėra.



48 pav. Šaltiškių II molio karjeras Akmenės rajone (Šaltiškių molis, 2025).

Dėl to triaso molis pasižymi labai geromis absorbcinėmis savybėmis ir yra naudojamas žalingiems teršalams surišti. Dėl labai mažo šarminių metalų kiekio ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 3,3–3,6 %), tinkamų silikatinio (1,8–2,7) ir aliuminatinio (1,7–2,8) modulių šis molis yra puiki žaliava cementui gaminti.

Molyje aptinkamo smulkaus smėlio grūdėliai sudaryti iš kvarco (90 %), feldšpatų (3–4 %), karbonatų (apie 1 %). Aleurito dulkeles sudaro kvarcas (60 %), karbonatai (25–30 %), feldšpatai (7 %), žėrutis (2,5 %) (žr. Mikaila, 1966). Triaso molio gavyba pastaruosius 10 metų kito nuo 164 iki 285 tūkst. m^3 per metus. Tai gausiausiai kasami molio išteklių Lietuvoje.

Opoka

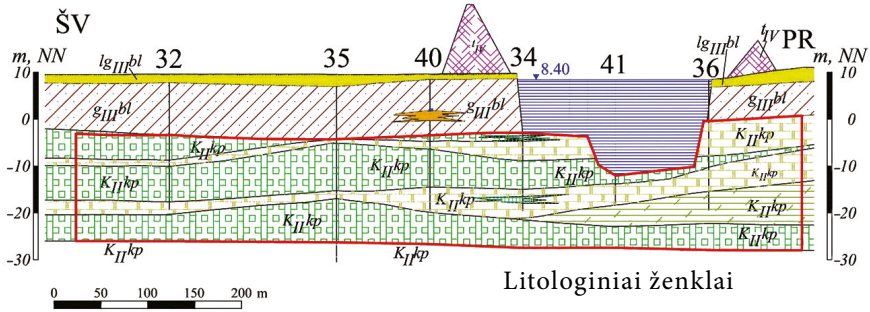
Opoka laikoma pilka, kieta, kriauklėto lūžio poringa uoliena, kurios sudėtyje dominuoja (iki 92–98 %) opalinis silicio dioksidas. Priemaišas sudaro molio dalelės, silicinių mikroorganizmų (diatomėjų, radiolarijų, pinčių spikulų) liekanos, kvarcas, feldšpatas, kalcitas, glaukonitas, kartais – fosforitas. Lietuvoje opoka aptinkama viršutinės kreidos santonio ir kampanio aukštų bei paleogeno Alko svitos sluoksniuose (žr. Katinas, 1994). Paleogeno sluoksniai, išplitę Pietų Lietuvoje, yra užkloti stora kvartero nuogulų danga, todėl neturi ūkinės reikšmės.

Lietuvoje aptinkama opoka turi nedaug mikroorganizmų liekanų. Ji susidarė kreidos mergelio dumble, kai karbonatus sekloje jūroje pakeitė iš tirpalų išsiskyres silicio dioksidas. Toks silicifikuotas mergelis ypač paplitęs Vakarų Lietuvoje, kur Pagėgių savivaldybėje viršutinės kreidos kampanio aukšto nuogulos slūgso arčiau žemės paviršiaus. Tokioje aplinkoje 1955 m. buvo detalčiai išžvalgytas Stoniškių opokos telkinys, apimantis Stoniškių ir Žemaitkiemio plotus. Šiuo metu jų išteklių sudaro atitinkamai 10,28 ir 8,76 mln. m^3 . Naudojamo Žemaitkiemio ploto naudingajame klode išskirtos trys uolienu atmainos:

- 1) tamsiai pilka, kieta, kriauklėto lūžio, mažai karbonatinga opoka;
- 2) šviesiai pilka, mergelinga, karbonatinga, vietomis pereinanti į silicifikuotą mergelį opoka;
- 3) silicifikuotas mergelis, sudarantis lėšius ir tarp sluoksnius (49 pav.).

Visose šiose atmainose vyrauja opalinė medžiaga (aktyvus amorfinis SiO_2). Mažiau randama kalcito ir chalcedono, o kvarcas, glaukonitas, žėrutis, fosforitas yra menkos priemaišos (6 lentelė).

Tamsiai pilka opoka turi gerokai didesnę kiekį silicio dioksido ir mažiau kalcio karbonato nei šviesiai pilka ar silicifikuotas mergelis. Šiek tiek didesniu hidrauliniu aktyvumu, kuris itin svarbus naudojant opoką kaip priedą cemento gamyboje, išsiskiria šviesiai pilka opoka. Tačiau pagal standartą LST EN 197-1 pucolaninei medžiagai (opokai) yra tik vienas reikalavimas – aktyviojo silicio oksido kiekis turi būti ne mažesnis kaip 25 %.



Sutartiniai ženklai

- 29 Grežinys ir jo Nr.
- Išteklių apskaičiavimo ir kasybos sklypo riba

Stratigrafiniai-genetiniai ženklai

- g_{III}^{bl} Baltijos posvitės glacigeninės nuogulos
- lg_{III}^{bl} Baltijos posvitės limnoglacialinės nuogulos
- K_{II}^{kp} Viršutinės kreidos kampanio amžiaus nuogulos
- t_V Šiuolaikinės technogeninės nuogulos

- Dirvožemis
- Priemolis
- Technogeninis gruntas
- Smėlis įvairus
- Smėlis smulkus
- Opoka
- Opoka su mergelio priemaiša
- Mergelis
- Mergelis su opokos priemaiša
- Aleurolitas
- Vanduo

49 pav. Opokos telkinio geologinis-litologinis pjūvis Žemaitkiemio sklype.

6 lentelė. Stoniškių opokos telkinio naudingojo klogo pagrindinių udėties komponentų kiekiai

Komponentai	Opokos atmaina		
	Tamsiai pilka	Šviesiai pilka	Silicifikuotas mergelis
	Kiekiai nuo – iki (vidurkis) (%)		
SiO ₂	63,52–73,18 (68,45)	24,55–65,12 (43,22)	24,55–57,38 (37,32)
Al ₂ O ₃	1,01–2,07 (1,57)	1,88–3,33 (2,42)	1,87–4,23 (2,72)
Fe ₂ O ₃	0,32–0,98 (0,7)	1,04–1,95 (1,49)	1,29–2,63 (1,8)
CaO	6,8–17,28 (13,82)	17,32–37,98 (27,6)	17,78–37,28 (30,23)
MgO	0,35–0,48 (0,42)	0,5–0,87 (0,6)	0,6–1,38 (0,8)
CaCO ₃	15,54–34,53 (24,09)	30,95–66,66 (50,37)	31,77–65,96 (54,15)
Kaitinimo netektis	9,14–15,26 (12,55)	14,58–31,12 (24,9)	15,29–30,6 (24,96)
Hidraulinis aktyvumas	165–226 (188)	182–320 (238)	69–305 (184)

Todėl visas klogas pastaruoju metu sėkmingai naudojamas cemento gamybai, ypač kaip aktyvus pucolaninio ir sulfatams atsparaus pucolaninio portlandcemenčio mineralinis priedas. Opoka yra poringa medžiaga ir pasižymi geromis sorbcinėmis savybėmis, todėl praeityje kurį laiką buvo naudojama kaip kačių dėžių kraikas.

Stoniškių opokos telkinį sudaro kvartero ir viršutinės kreidos sistemų nuogulos. Viršutinę geologinio pjūvio dalį sudaro kvartero dariniai.

Vyrauja moreninis priemolis ir priesmėlis, kurio storis telkinio apylinkių giliuose įrėžiuose pasiekia net 100 m, tačiau telkinio ribose sumažėja iki 7–11 m. Telkinio ribose moreninį priemolį dengia limnoglacialinio prieledyninio smėlio sluoksnis, kurio storis svyruoja nuo 1,3 iki 4,7 m. Pietvakarių, pietų ir pietryčių kryptimis šį paviršinio limnoglacialinio smėlio sluoksnį keičia holoceno laikotarpio kiek rupesnio aliuvinio smėlio laukai. Bendras dangos sluoksnio storis kinta nuo 9 iki 13,8 m, vidutiniškai sudaro 11,7 m.

Viršutinės kreidos kampanio aukšto opokos ir opokinio mergelio sluoksniai aptinkami tik atskirose salose, išlikusiose nuo ledyno egzarcijos. Apatinėje sluoksnio dalyje opokinis mergelis pereina į aleurolitą, kuris sudaro naudingojo klodo aslą (49 pav.). Visa naudingojo klodo storė pagal išteklių apskaičiavimo kontūrą slūgso horizontaliai kaip gana pastovaus storio klodas. Jo kraigas – nuo 0,63 iki 4,44 m NN. Svyravimą lemia klodo paviršiaus ledyno egzarcijos gylis. Naudingojo klodo storis kinta nuo 22 iki 28,9 m (vidutiniškai 26 m).

Detaliai išžvalgyto Žemaitkiemio sklypo opokos ribos gali būti išplėstos šiaurės vakarų ir šiaurės kryptimis, kur išsilaiko panašaus storio kvartero nuogulų danga. Stoniškių sklypas nepradėtas naudoti ir vargu ar bus įmanoma čia įrengti karjerą, nes detaliai išžvalgyto ploto viduje yra sodybos, jų apstu ir aplink visą kontūrą.

Geologinio kartografavimo duomenimis, plotai, kuriuose po seklesne kvartero nuogulų danga aptinkamos viršutinės kreidos kampanio aukšto nuogulos, turinčios opokos, yra Pagėgių savivaldybėje į rytus nuo Šilgalių palei Vilkos upę ir Mantvilaičių, Bajenų, Piktupėnų, Srazdų kaimų apylinkėse; čia plyti melioruotos lomos, o dėl pažemėjusio reljefo kvartero dangos storis sumažėjęs iki 10–15 m. Tai perspektyvios vietos siekiant papildyti opokos išteklius.

DETALIAI IŠŽVALGYTI KVARTERO NEMETALINIŲ NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ TELKINIAI

Kvarteras yra pats trumpiausias iš visų geologinės praeities periodų, kurio metu Lietuvos teritorija patyrė milžiniškus sparčiai besikeičiančius gamtinius reiškinius. Vos per milijoną metų mūsų kraštą mažiausiai keturis kartus buvo apklojęs kelių kilometrų storio ledynas, nuspaudęs Žemės pluta, nuardęs, deformavęs, perdislokavęs ramioje aplinkoje iki šio laikotarpio suklotus sluoksnius. Kiekvieną kartą tirpstant ledynui būdavo nuguldoma gausi iš Skandinavijos kalnų ir šiauresnių Lietuvai vietovių

atvilкта nebūdinga mūsų kraštui medžiaga (kristalinių uolienu rieduliai, smulkesnės nuotrupos, net molis).

Tarpledynmečiais (būdavo šiltesnių už dabartinių klimatą) sugriždavo gyvybė, upių vagose ir terasose susikaupdavo perklostoma atvilktoji medžiaga. Įdubusio reljefo ežeruose kaupėsi organinis dumblas – sapropelis (ankstesnių tarpledynmečių metu nusėdęs virto gitija), pašlapusiose vietose – durpės, o palei ledyno pakraštį aridinėmis sąlygomis, kol dar neįsitvirtino augalai, ten siautę vėjai supustė kontinentinių kopų masyvus. Taip būdavo kiekvieną kartą pasibaigus eiliniam apledėjimui. Paskutinio apledėjimo ir poledynmečio geologiniai procesai, išskyrus Ašmenos ir Lydos aukštumas, suformavo sudėtingą poligenetinę arčiausiai paviršiaus slūgsančių klodų sandarą bei Lietuvos reljefą. Šie geologiniai procesai suklojo daugumą labai svarbių ir gausiai visuomenės naudojamų naudingųjų iškasenų klodų: žvyro, statybinio smėlio, molio, durpių, sapropelio, gėlavandenės klinties, gintaro.

Durpės

Durpės – tai pelkių augalijos darinys ir kartu naudingoji iškasena, kuri drėgmės pertekliaus vietose dėl deguonies trūkumo ir mikroorganizmų poveikio sutrūnija, o ilgainiui virsta humusu. Šios medžiagos dalis durpių klode rodo susiskaidymo laipsnį, labai svarbų jų klasifikavimui ir panaudojimui. Durpynu, arba durpių telkiniu, laikomos tik tokios pelkės arba jų dalys, kur durpių klodas yra storesnis nei 0,3 m ir augalų šaknys nebepasiekia mineralinio pagrindo. Durpių telkinį galima rasti tik pelkėse. Pastarosios labai aiškiai matomos, todėl tokios naudingosios iškasenos tyrimo objektas yra akivaizdus, lyginant su kitais žemės gelmių ištekliais.

Lietuvoje pelkės kaip augalų bendrijos pradėtos tirti XIX a. pradžioje, kai Vilniaus universiteto profesorius S. B. Jundzilas sudarė Vilniaus apylinkių pelkių floros sąrašą (žr. *Lietuvos durpynų kadastras*, 1995). Beveik po 100 metų buvo išleista pirmoji pasaulyje išsami K. Vėberio monografija apie Aukštumalos durpyną, durpių klodo stratigrafiją ir sandarą. Kaip žaliava, daugiausia tinkanti kurui, sistemingai durpės pradėtos tirti, kai Lietuvos žemės ūkio ministerijoje 1921 m. buvo įsteigtas durpynų skyrius. Nuo tada visos Lietuvos pelkės, kurių plotas didesnis nei 3 ha, daugiau ar mažiau buvo ištirtos. Lietuvos durpynų kadastru yra apskaitomi 5 735 durpynai. Žemės gelmių registre apskaitomi tik galintys turėti pramoninę reikšmę durpynai – 117 detalieji išžvalgyti, 731 parengtiniai išžvalgyti telkinys ir tik 2 pelkės yra priskirtos prognozinio detalumu ištirtiems plotams.

Pelkės Lietuvoje ėmė formuotis vėlyvajame ledynmetyje, kai prasidėjo atšilimas ir ledynas pradėjo nykti, atlaisvindamas ledu apklotas teritorijas, maždaug prieš 12 tūkst. metų, o jų padaugėjo jau holocene (žr. Grigelytė,

1973). Durpės susidaro seklių ežerų vietose, joms pamažu prisipildant nuosėdų ir durpojų (tokios raidos yra 2/3 Lietuvos durpynų), arba pašlapuose vietose, kur įsivyrąja pelkinė augalija (žr. Linčius, 1994). Pelkėtuose plotuose, trūkstant deguonies, augalų liekanos (ypač kiminiai) trūnija iš lėto, nes juose esančios antiseptinės medžiagos (sfagnolis ir kt.) trukdo mikroorganizmams ardyti sunykusias augalų liekanas. Lietuvos klimato sąlygomis nenusausintose pelkėse per metus gali užaugti 0,4–1,5 mm durpių sluoksnelis (žr. Linčius, 1994).

Pagal augalų mitybos būdą skiriamos dvi durpojų grupės: žemapelkiniai (eutrofiniai) ir aukštapelkiniai (oligotrofiniai). Pirmuoju atveju pelkės maitinamos ne vien tiesiogiai į jas iškrentančiais atmosferiniais krituliais, bet ir maistingesniu gruntiniu bei iš aukštesnių vietų nutakančiu paviršiniu vandeniu, atnešančiu ir mineralinių dalelių. Žemapelkiniams augalams priklauso: juodalksniai, beržai, karklai, eglės, viksvos, nendrės, siauralapis ir plačialapis švyliai, pupalaiškis, asiūklis, papartis, dauguma žaliųjų samanų, kai kurios kiminų rūšys. Aukštapelkiniai augalai: pušys, gailiai, viržiai, vaivorai, spanguolės, durpiniai bereiniai, balžuvės, kupstiniai švyliai, baltosios saidros, tekšės, viksvos, žaliosios samanos, dauguma kiminų.

Tačiau yra durpojų (pušis, liūnsargė, svyruoklinė viksva), galinčių augti ir žemapelkėje, ir aukštapelkėje. Tai tarpinis augalijos tipas. Šio tipo durpės susidaro tokiose pelkės vietose, kur negausu maisto medžiagų, todėl jos ne tokios peleningos kaip žemapelkinės durpės ir joms būdinga rūgštesnė reakcija, artimesnė aukštapelkinėms durpėms. Tokių durpių plonų sluoksnių dažniausiai aptinkama aukštapelkinių klodų sąlytyje su žemapelkiniais.

Pagal vyraujančius augalus žemapelkiniuose kloduose išskiriamos šios durpių rūšys: alksninės (labiausiai paplitusi raistinių durpių rūšis), beržinės (gana retos), pušinės (labai retos), medienos-viksvų (gausiausiai paplitusi plynraistinių durpių rūšis), medienos-nendrių (gausiau Rytų Lietuvos durpynuose), medienos-žaliųjų samanų (gana retos), viksvų (labiausiai paplitusi plyninių durpių rūšis), nendrių (gausiai paplitusi Rytų Lietuvoje), viksvų-žaliųjų samanų (gausiai paplitusi plyninių durpių rūšis), viksvų-kiminų (retesnės nei viksvų-žaliųjų samanų), žaliųjų samanų (gausiausia iš samaninių durpių) ir kimininės-žemapelkinės (gerokai mažiau nei žaliųjų samanų) (žr. *Lietuvos durpynų kadastras*, 1995).

Tarpinės botaninės sudėties durpėms priskiriamos šios: tarpinės medienos (dažniausiai slūgso plonais sluoksniais giliau aukštapelkinių durpių klodo), medienos-viksvų (daugiausia aptinkamos Rytų Lietuvos durpynuose regresavusių aukštapelkių paviršiniuose sluoksnuose), tarpinės kimininės (dažniausiai aptinkama plyninių durpių rūšis, ypač Pietryčių Lietuvoje).

Tarp aukštapelkinės botaninės sudėties durpių išskiriamos šios rūšys: pušinės (retos), pušų-švilių (gausesnės Pietryčių Lietuvoje, kur pelkės apsuptos smėlynų), pušų-kiminų (sudaro plonus sluoksnius paviršinėje aukštapelkės dalyje), švilių (negausios), švilių-kiminų (dažnos ir gausios), liunsargių-kiminų (negausios), mediuminės (gausiai paplitusios, sudarytos iš Magelano kimino), fuskuminės (gausiausia mažaskaidžių durpių rūšis), duburinės (retos), kompleksinės – jauniausios, pradėjusios kauptis tik atsiradus aukštapelkėse duburingiems kompleksams (žr. *Lietuvos durpynų kadastras*, 1995).

Reljefo žemumose, lomose ar seklių ežerų pakrantėse, kaupiantis durpėms, pelkės paviršius palengva kyla aukšty. Pradedama keistis pelkės maitinimo vandeniu sąlygos. Po kurio laiko į vidinę pelkės dalį patenka tik atmosferinių kritulių vanduo. Iš esmės pasikeičia augalų mitybos sąlygos, o kartu ir jų bendrijos. Pradedama dominuoti nereiklūs kiminai. Šių augalų apatinės dalys sunyksta, tačiau augalas vis vien stiebiasi aukšty. Toks procesas suformuoja išgaubtą durpyno paviršių, kurio centrinėje dalyje kaupiasi aukštapelkinių augalų suformuotos durpės, o pelkės pakraščiuose vis dar veši žemapelkiniai augalai ir jų suformuotos durpės. Kartais pelkiniai augalai neužkariauja viso ežero, tada ežeras lieka apsuptas durpyno. Didžiausias toks ežeras yra Rėkyvos (šalia Šiaulių). Kai kada šie ežerai tampa draustiniais (Sulinkų durpyno centre).

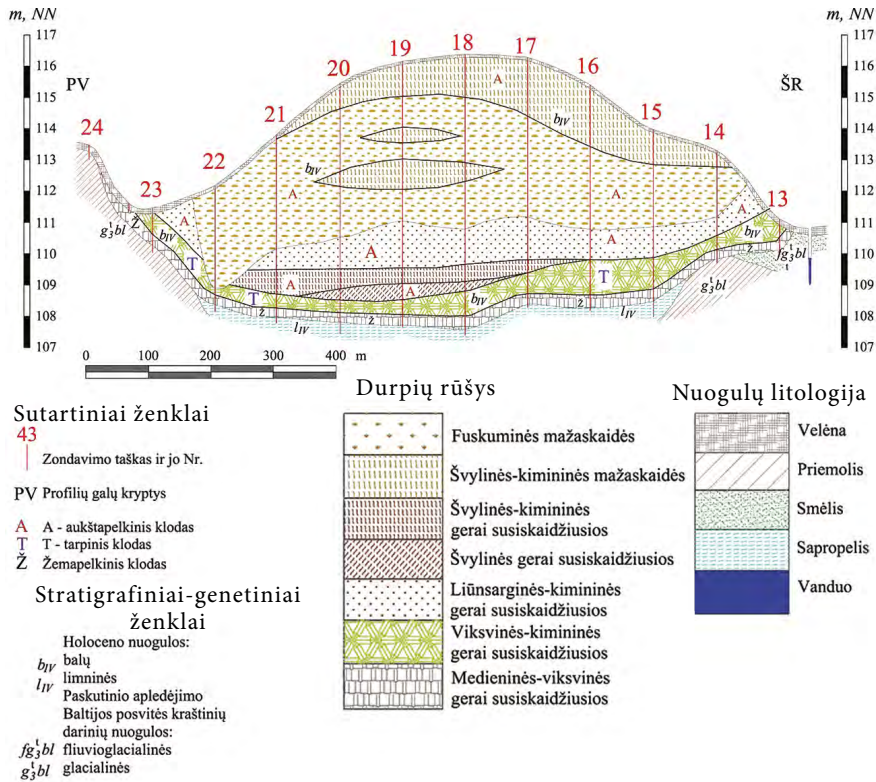
Tipiška aukštapelkinio Jomunčių tyro durpyno sandara pavaizduota 50 pav. Šioje vietovėje kraštinių glacialinių darinių įduboje poledynmečiu atsirado ežeras, kurio dugne kaupėsi sapropelis. Pamažu ežeras užako, jį padengė viksvos ir medžiai, suformuodami apie 0,5 m storio žemapelkinį durpių klodą. Pelkės pakraščiuose susikaupusios durpės sunkiai praleido nuo kalvų nutekantį kritulių vandenį, todėl pradėjo augti tarpinės viksvos ir kiminai. Vėliau pelkės paviršiui pakilus aukščiau, joje viską užgožė kiminai ir šviliai, suformuodami mažaskaidžių durpių kupolą.

Kai durpyne aukštapelkinių durpių klodas yra storesnis nei giliau aptinkamų tarpinių ir žemapelkinių durpių, toks telkinys vadinamas aukštapelkiniu. Priešingu atveju durpynas vadinamas mišriu. Jeigu visą klodą neperdengia kitokios sudėties durpės, jis yra žemapelkinis.

Durpių kokybė ir jų panaudojimas daugiausiai priklauso nuo jų susiskaidymo, pelenų kiekio ir organinės medžiagos sudėties. Lietuvos durpių susiskaidymas kinta nuo 5 iki 70 % (vidutiniškai sudaro 31,4 %) (žr. Linčius, 1994). Tai reiškia, kad vyrauja geros skaidos durpės, būdingos žemapelkiniams ir kitokios kilmės durpynų apatinėje dalyje esantiems sluoksniams. Mažiausiai susiskaidžiusios yra aukštapelkinės kimininės durpės. Mažaskaidžių durpių skaida neviršija 20 %.

Durpių peleningumas yra ryškiai susijęs su pelkės raida. Apatiniai žemapelkiniai durpių sluoksniai, kol pelkė dar buvo maitinama iš supančių

2 skyrius



50 pav. Jomunčių tyro aukštapelkinio durpyno geologinis-litologinis profilis.

aukštesnių pakilimų nutakančiu vandeniu su mineralinėmis dalelėmis, turi didelį pelenų kiekį, kuris dažnai viršija 30–40 %. Pelenų kiekis padidėja ir nusaustuose durpynuose, kai aeracijos zonoje organinė medžiaga sunyksta, todėl kaupiasi mineralinės dalelės. Mažiausiai pelenų būna aukštapelkinėse durpėse (vidutiniškai apie 3,6 %). Natūralūs durpių klodai – itin prisotinti vandens. Juose, ypač aukštapelkiniuose kimininiuose sluoksniuose, vandens dalis viršija 90–93 %. Drėgmės dalis prie paties dugno dėl sutankėjusių nuogulų gali sumažėti 10–15 %.

Naudingojo klogo storis durpynuose – labai įvairus. Jis priklauso nuo pelkių aplinkos (lygumose ar kalvotose vietovėse), pelkės užsimezgimo laiko, vyravusios augalijos, durpėjimo intensyvumo. Dažniausiai lygumose aptinkamų žemapelkių klodai būna 3–4 m storio, retai kada centrinėse, labiau pradubusiose, aslos vietose siekia 5–7 m. Aukštapelkių kodai yra storesni kalvynų apsuptose lomose. Butkų durpyne (netoli Žarėnų) kimininio aukštapelkinio klogo storis pasiekia 11 m, Romato durpyne (Kaišiadorių r.) durpės pripildė 13 m gylio duobę. Tačiau įprastinis aukštapelkinio nusausinto durpyno naudingojo klogo storis centrinėje kupolo dalyje yra 7–8 m.

Yra užuominų, kad Suvalkijoje ir Žemaitijoje, vietovėse, kuriose nebuvo miškų, durpės kurui buvo naudojamos dar XIX a. pradžioje. Ši durpių panaudojimo sritis kaip pagrindinė išliko iki pat XX a. 7-ojo dešimtmečio pradžios. Statistikos duomenimis, 1960 m. bendra durpių pramonės produkcija sudarė 1 583 tūkst. t, iš jų durpės kurui – 1 528 tūkst. t, arba 96,5 % (žr. *Lietuvos durpynų kadastras*, 1995). Ši produkcija buvo gaminama iš žemapelkinių gerai susiskaidžiusių durpių. Net Vilniaus ir Šiaulių miestų elektrinės buvo kūrenamos durpėmis. Atsiradus pigaus mazuto pasiūlai, šilumos ir elektros energiją gaminančios didžiosios katilinės perėjo prie paprastesnio technologinio proceso, todėl durpių kurui paklausa ir gamyba sumenko. 1965–1970 m. tokių durpių gamyba sudarė apie 49–51 % visų iškasamų durpių kiekio, o atgavus nepriklausomybę jų dalis bendroje gamyboje sumažėjo iki 7,5–12 %. Tačiau dar iki šių dienų jos yra tiekiamos gyventojams nedideliais kiekiais.

Lietuvos valstybei pasukus žaliojo kurso kryptimi, priimtas sprendimas atsisakyti iškastinio kuro. Oficialaus draudimo naudoti durpes kurui nėra, tačiau LR Vyriausybė šį procesą nutraukė, įvesdama akcizus tokioms durpėms ir CO₂ dėmens mokestį bei didindama akcizą dyzeliniam kurui (žr. 7 lentelė). Durpynuose visa technika yra varoma dyzeliniais varikliais. Dėl įvestų akcizų, kurie drastiškai didinami kiekvienais metais, kurui skirtų durpių kaina rinkoje tampa nekonkurencinga, lyginant su kitomis kuro rūšimis, o geros skaidos energijai išgauti tinkantys durpių ištekliai iškrenta iš gavybos proceso.

7 lentelė. Anglies dioksido sudedamoji dalis 2025–2030 m.¹

Energiniai produktai	2025 m.	2026 m.	2027 m.	2028 m.	2029 m.	2030 m.
Lietuvos Respublikos akcizų įstatymo 37 straipsnio 1 ir 2 dalyse nurodyti gazoliai, KN 2710 19 91–2710 19 99 subpozicijose klasifikuojami energiniai produktai, Akcizų įstatymo 38 straipsnio 2 dalyje nurodytas skystasis kuras (mazutas) (Eur/1000l)	53,6	104,8	131	157,2	157,2	157,2
Šildymui skirtos durpės (Eur/t)	24,8	66,4	83	99,6	99,6	99,6

Nuo XX a. 7-ojo dešimtmečio pradžios mažaskaides durpes pradėta naudoti trupininių kraiko durpių gamybai. Surinktos durpės buvo naudojamos srutoms galvijų fermose surinkti, nes išdžiūvusios durpės geba absorbuoti drėgmę iki buvusios nenusausintame durpyne. Vėliau šiuo durpių ir srutų mišiniu buvo tręšiami laukai.

¹ LR Akcizų įstatymo 3 priedas. 2024 m. birželio 20 d. Nr. XIV-2770.

Tuo pačiu laikotarpiu buvo bandoma durpių pagrindu gaminti mineralines trąšas. Tačiau nesant tinkamo mokslinio pagrindimo, kokius augalus ir mineralinius priedus bei kokių santykiu naudoti, šis eksperimentas nutrauktas. Tik Lietuvai atgavus nepriklausomybę, visų durpių gamybos įmonių pagrindine produkcija tapo augalų auginimo substratai. Beveik visos įmonės išsijotas trupinines durpes dabar maišo su klintmilčiais ar dolomitmilčiais, kad pasiektų norimą terpės rūgštingumą, prideda malto sauso molio, kartais kokoso žievių ar medžio plaušų ir mineralinių trąšų pagal pirkėjo pageidavimus. Tokia produkcija turi paklausą pasaulinėje rinkoje, jos nuolat trūksta. Šių produktų pagrindinė dalis – mažaskaidės aukštapelkinės durpės. Prarandant durpių kurui rinką, stengiamasi mažaskaidžių durpių mišinius papildyti ir geros skaidos tamsiomis durpėmis. Tačiau jų dalis negali būti didelė, nes gerai susiskaidžiusių durpių oro pralaidumas sukurtoje augalų auginimo terpėje yra daug prastesnis, jos sunkesnės, todėl išauga galutinio produkto transportavimo kaštai.

Jungtinių Tautų duomenimis, kiekvienais metais Žemė praranda apie 12 mln. ha vaisingo dirvožemio. Be organikos nebus įmanoma užauginti maisto gausėjančiai žmonijai, todėl durpių pramonės orientacija į auginimo terpių gamybą yra teisingiausias sprendimas.

Šiuo metu Lietuvoje yra suteikta teisė eksploatuoti 51 durpyną (Bajorų durpyną kasa dvi įmonės, todėl išduoti 52 leidimai). Iš jų 38 yra aukštapelkiniai arba mišrios sandaros, juose viršutinę centrinę telkinio dalį sudaro mažaskaidės durpės (8 lentelė, 52 pav.). Šešioms įmonėms suteikti leidimai eksploatuoti keturis žemapelkinius durpynus, kurių žaliava tinka durpių kurui gamybai. Tačiau tik Pabalių durpyne (Telšių r. pakraštyje) nuo 1948 m. vis dar gaminami durpių pusbrikečiai gyventojų poreikiams. Sunaudota apie pusę kasybos sklype esančių visų išteklių. Pagal Žemės gelmių įstatymą, įmonė, gavusi Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos leidimą naudoti naudingųjų iškasenų telkinį, turi pradėti darbus per 4 metus. Tačiau yra atvejų, kai leidimai išduoti prieš 16 metų, gavybos darbai neprasidėjo, o įmonė leidimą vis dar turi.

8 lentelė. Apytikris durpių išteklių likutis naudojimui suteiktuose kasybos sklypuose

Durpyno rūšis	Telkinių skaičius	Ištekliai kasybos sklype (tūkst. m ³)		Procentas mažaskaidžių nuo likusio kiekio
		Iš viso	Iš jų mažaskaidžių	
Aukštapelkiniai ir mišrūs	39	161 588	68 369	42,3
Žemapelkiniai	6	20 972		
Gydomųjų durpių	6	287		
Iš viso	51	182 847		

Sveikatinimo tikslams nuo seno yra naudojamos itin gerai susiskaidžiusios durpės purvo vonių aplikacijoms. Kuo didesnis jų susiskaidymas, tuo patogiau jas naudoti, nes organinės medžiagos masėje nebėra nesuirusių augalų liekanų. Šių durpių poreikis itin mažas – po kelis tūkst. m³ per metus, o naudojami telkiniai yra netoli gydyklų: Tenžės telkinys – Kretingos rajono pakraštyje netoli Palangos, Likėnų telkinys – Biržų rajone, Mašnyčia ir Paseirė – Druskininkų savivaldybėje.

Visos didžiosios durpių gavybos įmonės eksploatuoja jiems suteiktus durpynus daugiau nei pusę amžiaus, todėl didžioji dalis naudingojo klodo jau nukasta (51 pav.).

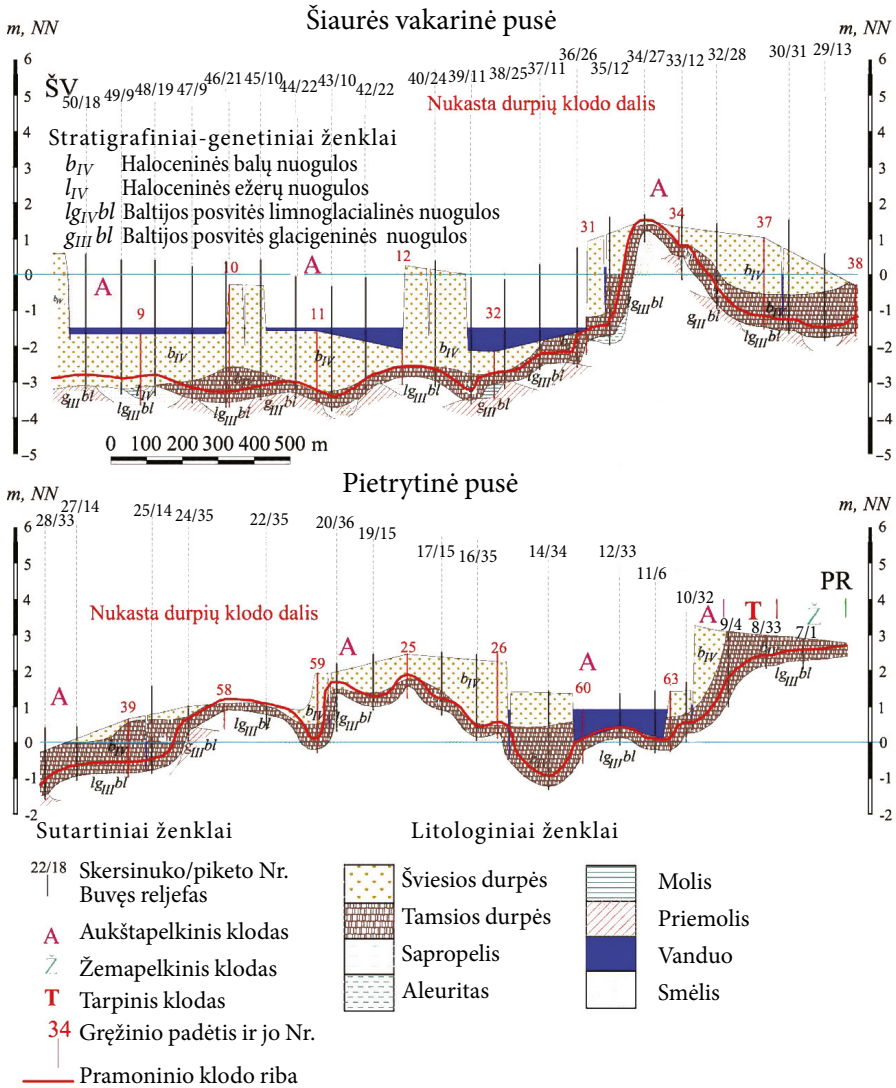
Nė viename telkinyje nėra galimybių papildyti senkančius mažaskaidžių durpių išteklius. Kasybos sklypų plėtrą kai kuriuose telkiniuose riboja tai, kad šalia durpių gavybos laukų yra saugomos teritorijos, kurios įsteigtos vėliau, nei prasidėjo durpių gavyba (Aukštumalos, Mūšos tyrelio, Galų, Rėkyvos, Sulinkių, Šiluvos tyrelio, Didžiojo tyrulio, Liminėlio durpynai) (52 pav.).

Kitų durpynų kasybos sklypus juosia miškai, į kuriuos išplėsti durpių gavybos laukus yra problemiška, o dar kitų durpynų kasybos sklypai apima maksimaliai galimą panaudoti telkinio plotą. Aplinkos ministerija laikosi nuostatos, kad įsileisti auginimo terpių gamintojus į naujų aukštapelkių teritorijas nevalia. Todėl tikėtina, kad po kelių dešimtmečių durpių gavybos veikla Lietuvoje išnyks.

Gėlavandenė klintis

Gėlavandenė klintis yra nuosėdinė karbonatinė uoliena, sudaryta iš mineralo kalcito (CaCO₃), nusėdusio iš vandens ežeruose ir ties šaltinių iškrovos vietomis slėnių ar kalvų papėdėse. Šios nuogulos turi nemažų molio, aleurito ar organinės medžiagos priemaišų. Pagal susidarymo vietą išskiriamos dvi gėlavandenės klinties atmainos: ežerų klintis (ežerų kreida) ir šaltinių išnašų klintis, arba klintinis tufas. Kai šiose nuogulose terigeninė dalis viršija 25 %, nuogulos vadinamos gėlavandeniu mergeliu, o kai organinių priemaišų kiekis viršija nurodytą ribą – nuogulos vadinamos durpinga arba labai durpinga klintimi (žr. Kadūnas, 1994).

Lietuvoje šios nuogulos susidarė holocene, atšilus klimatui, ir gausiau kaupėsi prieš 5–6 tūkst. metų – atlančio laikotarpiu. Ledyno iššiaurinių teritorijų atvilktoje ir paliktoje medžiagoje buvo daug karbonatinių uolienuų, atplėštų nuo silūro, devono, permio, kreidos sluoksnių, susmulkintų bei sutrintų. Tirpstant įšalui ir sunkiantis vandeniui pro suklotas nuogulas gruntinis vanduo prisisotindavo bikarbonatų. Toks vanduo, pasiekęs žemės paviršių, slėgiui sumažėjus netekdavo dalies CO₂ ir iš tirpalo iškrisdavo kalcio karbonatas. Tokios sankaupos ežerų



51 pav. Aukštumalos aukštapelkinio labai nukasto durpyno geologinis-litologinis profilis.

pakrantėse arba šlaitų papėdėse virsdavo gėlavandenės klinties klodais. Šis procesas ir dabar neužgeso, nes kai kuriuose ežeruose vis dar kaupiasi gėlavandenė klintis, pavyzdžiui, Žaliuosiuose ežeruose šalia Vilniaus.

Ežerų klintis dažniausiai sudaro netaisyklingus ištįsusio lėšio formos horizontaliai slūgsančius klotus apyežerio zonoje. Dažniausiai 2–4 m storio klotas iš viršaus būna padengtas durpėmis (žr. Kadūnas, 1994). Ežerų klintis – šviesiai pilka, kartais balta, panaši į kreidą, minkšta, poringa. Turinti daugiau priemaišų būna tamsesnė. Ši klintis sudaryta iš silpnai



52 pav. Sulinkių durpyno gavybos laukai su ornitologiniu draustiniu (miško apsuptas ežerėlis) ir Sulinkių paukščių apsaugai svarbi teritorija į dešinę nuo draustinio (UAB „GJ Magma“ archyvas).

susicementavusių kalcito kristalų, kurių būna 50–90 %. Pasitaiko įvairių moliuskų kiautelių bei augalų liekanų ar jų tarp sluoksnių.

Šaltinių tufas (klintis) aptinkamas upių slėnių ar ežerų šlaituose. Šios išnašos sudaro pailgus įvairiu kampu pasvirusius lęšių formos telkinius. Jų plotis – 20–40 m, ilgis palei šlaitą – nuo keliasdešimties iki kelių šimtų metrų, storis labai kinta ir vietomis gali pasiekti 10 m. Šaltinių klintį sudaro įvairaus dydžio tarpusavyje susijungę klinties gumulėliai, todėl uoliena nevienalytė, labai poringa. Kartais geležies nuosėdos suteikia uolienai gelsvą ar rusvą spalvą (žr. Kadūnas, 1994).

Gėlavandenės klinties telkiniai yra maži – nuo keleto iki keliasdešimt tūkst. m³. Žemės gelmių registre apskaitomi tik trys detalieji išžvalgyti gėlavandenės klinties telkiniai, kurių bendri ištekliai sudaro 585 tūkst. m³, jie apima 14 ha plotą. Didžiausias iš jų yra Gineitiškių telkinys Trakų rajone, kuriame 9,05 ha plote yra išžvalgyta 425 tūkst. m³ išteklių. Mažiausias iš jų – Viešintos ežero pakrantėje Anykščių rajone. Jis apima vos 1,35 ha, jo ištekliai sudaro tik 30 tūkst. m³.

Pokariu (1955–1959 m.), kol dar nebuvo gerų kelių ir pajėgaus transporto, išžvalgyti 245 gėlavandenės klinties telkiniai, kuriuose buvo ne mažiau kaip po 5 tūkst. m³ išteklių, o bendras šios žaliavos kiekis sudarė 15 mln. m³. Jų žaliava buvo naudojama kalkėms degti ir rūgščioms dirvoms kalkinti (žr. Gasiūnienė, 1998). Kalkes ir klintmilčius pradėjus gaminti iš labai didelio permio periodo Menčių klinties telkinio Akmenės rajone, atsirado galimybė šia geresnės kokybės produkcija aprūpinti visą Lietuvą, tad mažų telkinių eksploatacija sunyko. Be to, intensyviai melioruojant Lietuvoje šlapius plotus, daug smulkių gėlavandenės klinties telkinių buvo sunaikinta.

Dabartiniu metu gėlavandenės klinties telkinukai, esantys ežerų pakrantėse ar upių slėnių šlaitų papėdėse, vien tik dėl gamtosauginių apribojimų negalėtų būti naudojami. Todėl ši žaliavos rūšis jau lieka istorine praeitimi.

Kvartero molis

Visi Lietuvoje aptinkami kvartero molio telkiniai susidarė baigiantis pasukutiniajam apledėjimui, tirpstant ir nykstant ledo masėms. Molis nusėdo įvairios kilmės ledyno tirpsmo vandens telkiniuose (pagal tai išskiriamos genetinės telkinių rūšys ir tipai) ir tik retai aptinkama nedidelių moreninio molio, tinkančio keramikos pramonei, lęšių (9 lentelė).

Tarp kvartero nuogulų plačiausiai paplitęs moreninis priemolis, tiesiogiai nuguldytas ledyno be jokio vandens performavimo, turi nemažai smėlio, žvirgždo, gargždo, riedulių priemaišų, todėl netinka keramikai. Ta pati medžiaga, kuri ledyno tirpsmo vandenų būna perplauta, surūšiuota pagal sudedamųjų dalių dydžius, o smulkiosios dalelės nusėdusios ramioje vandens aplinkoje, turi pramoninę vertę.

Kvartero molio telkinių dydis, klodo storis, medžiagos granulimetrinė, mineralinė ir cheminė sudėtis priklauso nuo paleogeografinių sedimentacijos baseino sąlygų ir ištirto geologinio kūno padėties jame. Pagal šiuos kriterijus, atsižvelgiant į molio klodų susidarymo sąlygas, išskiriamos dvi nelygiavertės savo svarba molio telkinių paragenetinės grupės: ledyninė (glacialinė) ir ledyno tirpsmo vandenų (akvaglacialinė) (10 lentelė).

Pirmoje paragenetinėje grupėje tik molingesnė ir labai nedaug rupių priemaišų turinti lokali morena – moreninis molis ar priemolis – sudaro telkinius. Tokių klodų savybės nulemtos senesnių pirminių molingų nuogulų ir ledyno atvilkto vietinės medžiagos. Šie telkiniai itin reti. Visi kiti kvartero molio telkiniai Lietuvoje susiję su ledyno ežerų (limnoglacialiniu) paragenetiniu pogrupiu (53 pav.), kuriame išskiriami 3 genetiniai tipai: vidinio ledo, marginalinis ir prieledyninis (10 lentelė).

Tirpstant nejudraus (praradusio gebėjimą slinkti) ledo laukams, jo paviršius įdubose kaupėsi vanduo ir susidarė ežerėliai su ledo krantais. Į pastaruosius iš tirpstančio ledo buvo sunešta jo viduje buvusi išalusi terigeninė medžiaga, klostėsi molis, aleuritas ar smėlis. Kai ši medžiaga molingesnė, gali susiformuoti molio klodas. Molio limnokeimai, skirtingai nuo smėlingų, formuojasi tik ledo paviršiaus pažemėjimuose. Apie tai liudija plona tokios genezės telkinių danga (10 lentelė). Nuosėdos – dažnai juostuotos, nors pasitaiko ir masyvaus molio. Aptinkama įvairios formos smėlio, aleurito, rečiau žvirgždo intarpų. Todėl limnokeimuose mažai dalelių, smulkesnių už 0,005 mm, Al_2O_3 bei TiO_2 ir daug SiO_2 (9 lentelė, 54 pav.).

NOMETALINĖS NAUDINGOSIOS IŠKASENOS

9 lentelė. Kvartero molio telkinių svarbiausi rodikliai

Rodikliai	Lokali morena	Limnokeimai	Limnoglacialiniai krastiniai gūbriai	Diržiosios limnoglacialinės lygumos	Lokali limnoglacialinės lygumos	Salinės aukštumos pašlaitės glaciodepresijos	Marginalinės aukštumos pašlaitės glaciodepresijos
Telkinių skaičius	1	10	4	24	10	5	9
Detaliai išžvalgyti							
Ištekliai (tūkst. m ³)	20 418	4 013	13 171	50 006	5 236	11 309	9 440
min.		33	1 671	69	173	160	67
maks.		1 221	7 237	14 937	1 915	4 832	2 500
vid.		401	3 293	2 084	524	2 262	1 049
Plotas (ha)	23,2	148,2	104,8	1 151,3	199,8	209,1	194,0
min.		2,2	12,8	2,6	2,2	4,5	1,9
maks.		48,6	54,8	266,2	105,4	86,1	66,4
vid.		14,8	26,2	48,0	20,0	41,8	21,6
Parengtiniai išžvalgyti							
Ištekliai (tūkst. m ³)		7 410	469	59 165	1 778	784	5 325
min.		266		94	24		117
maks.		4 267		17 192	1 754		2 418
vid.		1 482		2 191	889		1 331
Plotas (ha)		136,6	8,5	1 328,6	58,1	19,4	89,9
min.		8,8		2,5	0,8		5,3
maks.		59,4		242,2	57,3		33,0
vid.		27,3		49,2	29,1		22,5
Abiejų lygių ištyrimo detalumas							
Dangos storis (m)							
min.		0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4
maks.		1,2	5,6	2,5	0,6	3,7	2,6
vid.	0,7	0,6	1,5	1,2	0,4	1,1	1,1
Naudingojo klodo storis (m)							
min.		1,8	3,1	1,6	0,6	1,4	1,6
maks.		12,4	19,0	10,7	4,9	8,4	8,2
vid.	4,2	4,7	9,0	4,8	2,3	4,3	3,9
<0,005 mm frakcijos kiekis (%)							
min.		12,8	15,6	31,3	24,2	25,5	18,3
maks.		66,8	76,5	83,0	61,3	72,2	84,1
vid.		43,2	56,3	69,8	57,2	51,4	50,3

9 lentelė (tęsinys).

Rodikliai	Lokali morena	Limnokeimai	Limnoglacialiniai kraštiniai gūbriai	Didžiosios limnoglacialinės lygumos	Lokaltos limnoglacialinės lygumos	Salinės aukštumos pašlaitės glaciodepresijos	Marginalinės aukštumos pašlaitės glaciodepresijos
Plastiškumo skaičius							
min.		17,9	18,6	15,8	19,2	15,5	14,1
maks.		19,2	21,0	23,2	20,9	21,4	23,0
vid.		18,6	20,0	20,2	20,0	18,2	16,8
SiO₂ kiekis (%)							
min.		47,2	47,2	47,0	45,7	45,0	48,4
maks.		56,0	49,3	52,2	51,6	50,7	54,0
vid.	51,6	51,7	48,5	49,2	48,2	48,2	50,9
Al₂O₃ kiekis (%)							
min.		9,8	15,1	15,4	15,5	11,4	11,7
maks.		15,3	16,7	19,5	17,6	16,2	14,3
vid.	15,3	13,6	16,3	17,5	16,9	13,5	13,4
Fe₂O₃ kiekis (%)							
min.		3,9	5,5	5,7	5,3	4,2	4,6
maks.		7,6	7,5	8,2	6,3	7,6	6,8
vid.	2,7	5,8	6,6	6,8	6,0	5,6	5,4
CaO kiekis (%)							
min.		5,3	7,5	4,7	7,8	9,6	9,0
maks.		10,7	9,4	8,6	11,6	11,7	9,9
vid.	8,7	9,1	8,6	7,0	9,8	10,7	9,5
MgO kiekis (%)							
min.		2,8	3,3	2,8	2,5	3,6	3,8
maks.		4,6	4,5	3,8	4,6	5,0	5,0
vid.	2,9	3,8	3,9	3,4	3,6	4,4	4,4
Kaitinimo netektis (%)							
min.		6,8	11,0	10,1	10,4	11,6	11,5
maks.		14,1	12,9	12,2	13,8	14,3	12,9
vid.	9,7	12,0	11,8	11,4	12,2	13,4	12,4

Limnoglacialinių keimų molio telkinių plotas mažas, ištekliai nedideli, sudėtingos sandaros. Jie aptinkami Žemaičių aukštumoje – Platelių–Alsėdžių apylinkėse, Baltijos aukštumose – ties Rubikių ežeru ir į pietvakarius nuo Alytaus. Šio tipo telkiniams tenka 4 % visų detalai

10 lentelė. Kvartero amžiaus molio telkinių genetinė klasifikacija

Paragenetinė eilė	Paragenetinė grupė	Paragenetinis pogrupis	Genetinis tipas	Genetinė rūšis
Ledyninė (glacialinė)	Glacialinė		Pagrindinės morenos	Lokali morena
			Vidinio ledo	Limnokeimai
	Marginalinis		Limnoglacialiniai kraštiniai gūbriai	
	Prieledyninis		Didieji prieledyniniai limnoglacialiniai baseinai	
			Lokalūs prieledyniniai limnoglacialiniai baseinai	
			Limnoglacialiniai prieledyniniai baseinai salinės aukštumos pašlaitėje	
			Limnoglacialiniai prieledyniniai baseinai marginalinės aukštumos pašlaitėje	
Ledyno tirpimo vandens (akvaglacialinė)	Ledyno ežerų (limnoglacialinis)			

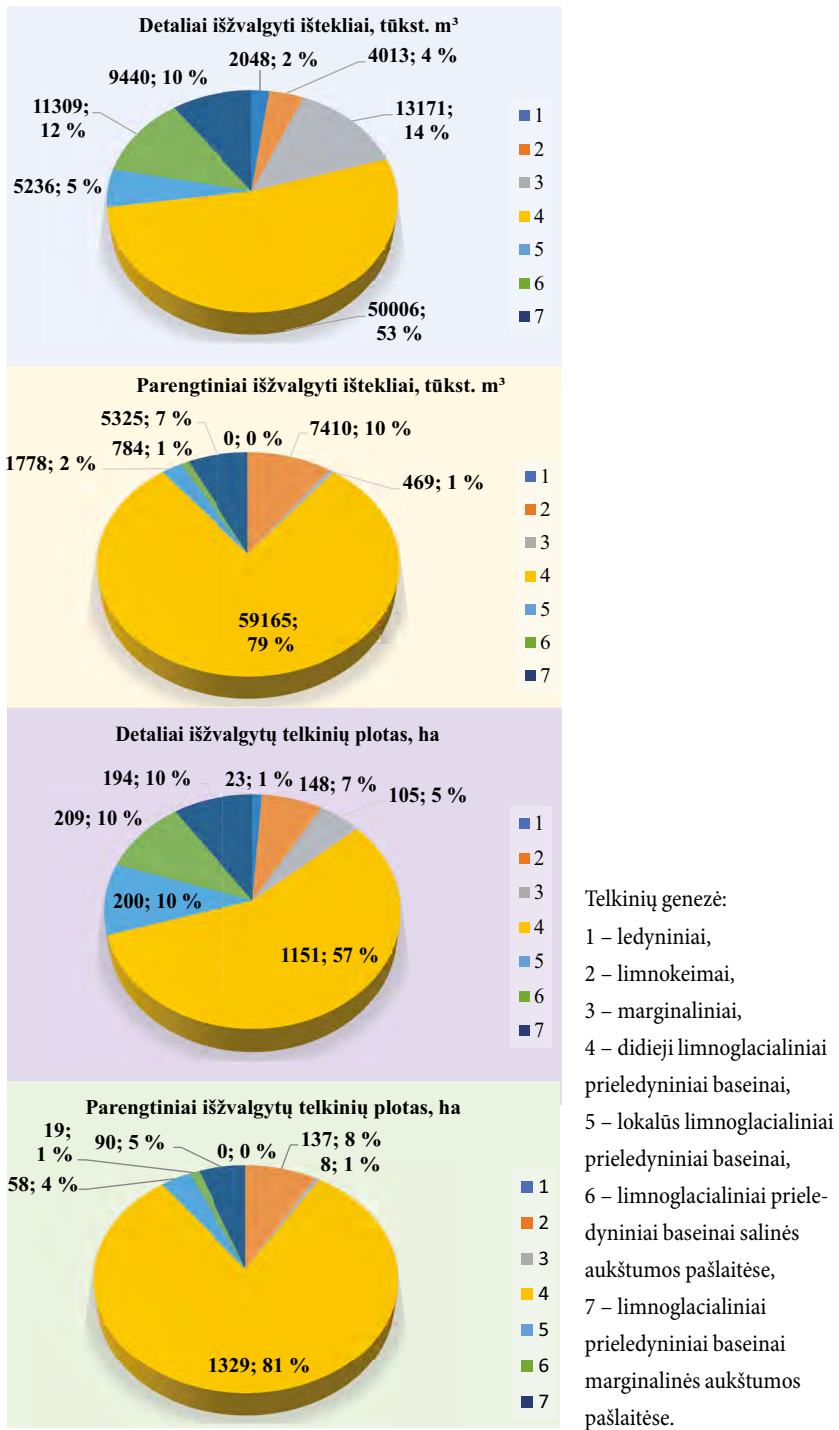
išžvalgytų ir 10 % parengtiniai išžvalgytų išteklių, apskaitomų Žemės gelmių registre (53 pav.).

Palankiomis ledyno stabilizavimosi sąlygomis, kai lede sukaupia daug molingos medžiagos, jo pačiame pakraštyje susidaro dideli molingi gūbriai. Toks yra Vidurio Lietuvos galinių morenų ruožas tarp Lapių Kauno rajone ir Molupių netoli Ariogalos. Čia molio telkiniai aptikti vidinėje į ledyno pusę palinkusioje ne pačioje aukščiausioje gūbrio dalyje (55 pav.).

Molio storumė – prastai išrūšiuota, tekstūros masyvos ar neryškių sluoksnelių su daugybe smėlio, priemolio lęšių, pats molis chaotiškai užterštas žvirgždu ir gargždu. Tačiau šalia aptinkami labai stori plastiško molio sluoksniai. Jame <0,005 mm frakcijos dalis yra tokia pat, kaip ir geriausiai perskirstytuose didžiųjų prieledyninių baseinų telkiniuose (54 pav.). Lietuvoje tėra keturi šios kilmės detalieji išžvalgyti molynai, tačiau dėl didžiausio naudingojo koldo storio ir nemažo ploto jiems tenka 14 % visų išteklių (53 pav.).

Daugiausia molio telkinių ir išteklių rasta prieledyninių ežerų nuosėdose (53 pav., 9 lentelė). Atsižvelgus į šių baseinų formavimosi paleogeografinės sąlygas, nusėdusios medžiagos ypatybes, molingos storumės sandarą ir slūgsojimą, buvo išskirtos 4 genetinės telkinių rūšys: didžiosios ir lokalsios limnoglacialinės lygumos, salinių ir marginalinių aukštumų pašlaitių glaciodepresijos (žr. Juozapavičius, 1994).

Palyginus įvairios prigimties prieledyninių ežerų molio granulimetrinę sudėtį, išryškėjo bendras dėsniumas – tipiškas juostuotas sluoksniuotumas, rodantis sezoninę sedimentaciją. Sluoksnio pjūvyje matyti, kad tiek žiemą, tiek vasarą susidariusiose juostelėse einant į viršų medžiaga tampa rupesnė. Aukštumų pašlaitių glaciodepresijose nusėdo kiek rupesnis molis,

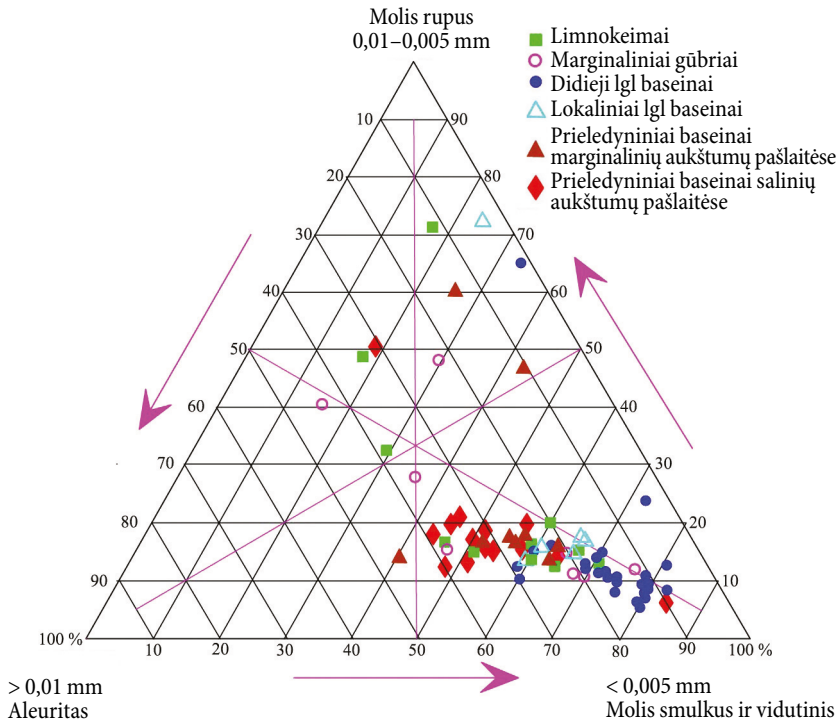


53 pav. Įvairios genėzės detaliai ir parengtiniai išžvalgytų kvartero periodo molio telkinių išteklių ir jų plotų pasiskirstymo diagramos (2025 01 01).

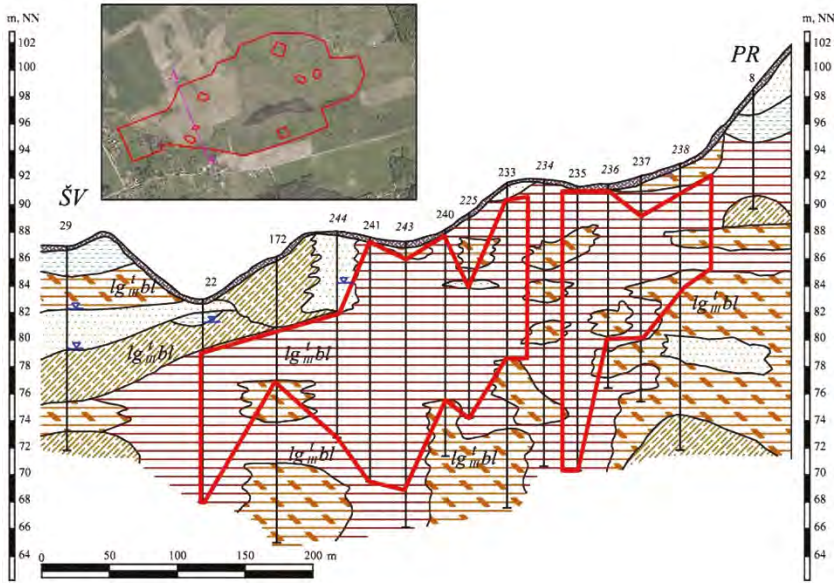
jo daugiausia buvo atnešama nuo supančių kalvų ir skalaujant vandens srovėmis apsemtų duburių moreninius šlaitus (54 pav.).

Plačiai lygumose išsiliejusiuose limnoglacialiniuose ežeruose smulkioji medžiaga diferencijavosi geriau. Paleosrautų žiotyse nusėdo rupesnės dalelės, o aleuritą ir molį išnešiojo vandens srovės. Į nutolusias nuo krantų ir gilesnes vietas buvo atnešamos vandenyje pakibusios (suspenduotos) tik pačios smulkiausios dalelės. Todėl didžiųjų limnoglacialinių baseinų molis, ypač jų centrinėse dalyse, yra itin dispersiškas (54 pav.).

Prieledyninės kilmės molio telkiniai yra nesudėtingos sandaros. Tokiose vietovėse plyti lygumos. Molio kokybė tiek plote, tiek pjūvyje gana pastovi. Negausios konkretijos pasiskirsto dėsningai, o didžiuosiuose limnoglacialiniuose baseinuose nusėdusio molio storis – pastovus. Tokio tipo telkiniai sudaro pagrindinę molio išteklių dalį (53 % detaliai ir 79 % parengtiniai išžvalgytų išteklių) (53 pav.). Koloidinės molio frakcijos (<0,001 mm) sudėtyje daug pirminės medžiagos, kurią ledynas nusklembė, egzaruodamas prekvartero sluoksnius. Tai liudija kaolinito, chlorito ir mišriai susisluoksniavusių (montmorilonito) molio mineralų kiekio pasiskirstymas Lietuvos teritorijoje.



54 pav. Įvairios kilmės molio telkinių naudingojo klotu vidutinė granulimetrinė sudėtis.



Sutartiniai ženklai

- | | | | |
|--|---|-------------------------------------|---|
| | Dirvožemis | | Vandens lygis |
| | Priemolis | <i>lg^t_mbl</i> | Baltijos posvėtės kraštinių darinių limnoglacialinės nuogulos |
| | Smėlis | | Naudingojo klogo riba |
| | Molis | | Grėžinys ir jo Nr. |
| | Molis, užterštas karbonatiniais tarpais | | Pjūvio linija |
| | Aleuritas | | |

55 pav. Lapių molio telkinio geologinis-litologinis pjūvis skersai gūbrio.

Rytinėje Lietuvoje, Dysnos limnoglacialinio baseino molyje, dėl devono uolienų įtakos kaolinito padaugėjo 10–20 %, rečiau – iki 25 %. Hidrožerutis čia sudaro 75–80 %. Pietvakarių Lietuvos molyje kaolinito yra apie 5 % mažiau. Čia mišriai susisluoksniavę molio mineralai dažniausiai fiksuoti vien vasarą nusėdusiose varvose. Žemaičių aukštumos šiaurinio pakraščio glaciodepresijų molyje aptinkama daugiau chlorito (10–15 %) ir mišriai susisluoksniavusių molio mineralų (5–10 %). Kaolinito čia būna 5–10 %, rečiau – 15 %, hidrožeručio sumažėja iki 65–75 %. Tokia molio mineralų asociacija nebūdinga kitoms Lietuvos vietovėms. Šių mineralų tikėtinas šaltinis yra negiliai po kvartero sluoksniais gulintis triaso periodo molis.

Aleuritinėje molio frakcijoje daugiausiai yra karbonatų (kalcito ir dolomito), vidutiniškai jie sudaro apie 41,5 %. Mažiau aptinkama kvarco, žeručio, feldšpato. Smėlio frakcijose vyrauja kvarcas, nedaug yra feldšpato, žeručio ir karbonatų. Šie mineralų pasiskirstymo įvairiose

frakcijose ypatumai liudija, kad dispersiškesnis molis turi mažiau pašalinių mineralų, kurie gali turėti įtakos keraminių gaminių technologijoms.

Molio panaudojimo galimybės dažnai priklauso nuo stambių uolienų ar karbonatų konkretijų naudingajame klode. Jų gausiau keimų ir marginalinių gūbrių molyje. Pagal cheminę sudėtį molis priskiriamas rūgštaus ir pusiau rūgštaus molio, turinčio daug dažančių oksidų, klasei (9 lentelė). Labiau dispersiškame molyje yra daugiau Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O ir K_2O , o aleuritingesnėse atmainose – SiO_2 ir MgO . Pagal keraminių dirbinių gamybos technologines savybes molis priklauso lengvai besilydančioms (1 050–1 200 °C), nedidelio sukepimo intervalo (40–105 °C) uolienoms, vidutiniškai jautrus džiovinimui (jautrumo koeficientas 0,83–1,63).

Prieš 2–3 dešimtmečius Lietuvoje buvo eksploatuojama 20 kvarterio periodo molio karjerų. Molio gavybos pikas pasiektas 1990 m., kai, Lietuvos geologijos tarnybos duomenimis, buvo iškasta daugiau nei 2 mln. m^3 kvarterio periodo molio, tačiau 1992 m. molio gavyba susitraukė daugiau nei perpus – keraminių dirbinių gavybai buvo iškasta 935 tūkst. m^3 žaliavos (žr. Gasiūnienė, 1998). Nuo to laiko molio gavyba keraminiams dirbiniams nuolat mažėjo, o 2020 m. buvo kasamas vien tik triaso molis cementui. Visos statybinės keramikos įmonės neatlaikė importuojamų molio blokelių ir plytų gaminių konkurencijos, o statybinės keramikos poreikis dėl pasikeitusių namų statybos technologijų taip pat sumenko.

Šiuo metu leidimus kasti kvarterio periodo molį turi 4 įmonės 6 telkiniuose: Dysnos, Kuksos, Kertupio, Krūnos, Tauragės (VI ir VII sklypai) ir Kuršėnų. Iš Kuršėnų telkinio molio gaminama buitinė keramika (įvairūs indai, dekoratyviniai dirbiniai), bet jo iškasama itin nedaug. Seniausia Lietuvoje keramikos įmonė, įkurta dar 1922 m. (dabar AB „Palemono keramika“), vis dar bando išsilaikyti rinkoje, gamindama keramzitą iš Krūnos telkinio molio. Gamyba nėra stabili, nes šio telkinio molis nepakankamai pučiasi, todėl čia pagamintas keramzitas yra sunkesnis už importuojamą ir pasižymi prastesniais termoizoliaciniais rodikliais. Tikėtina, kad ir ši paskutinė veikla nutrūks. Kitų dviejų įmonių, turinčių leidimus molio gavybai, verslo planai neaiškūs. Dysnos ir Kuksos telkiniams leidimai gauti prieš 15 metų, tačiau kasyba nevykdoma. Leidimas atnaujinti Tauragės telkinio eksploataciją suteiktas tik prieš metus, todėl tikėtina, kad įmonė turi konkrečius planus pradėti gavybą.

Dėl pokyčių keraminių statybinių medžiagų rinkoje po nepriklausomybės atgavimo buvo išžvalgyti tik du nauji molio telkiniai: Kertupio ir Molupių II. Pirmojo išteklių suteiktame kasybos sklype beveik iškasti, antrasis dar nepradėtas naudoti. Taigi Lietuvoje turime daug kvarterio molio išteklių, bet rinkoje nėra poreikio tradicinėms iš molio gaminamoms statybinėms medžiagoms.

Sapropelis

Geologijoje sapropelis apibrėžiamas kaip bestruktūrės, koloidinės sandaros, nuo skystus drebučius primenančios iki tankios, plastiškos arba purios konsistencijos ežerų nuosėdos, turinčios ne mažiau 10–15 % organinės kilmės medžiagų. Jis susiformuoja biogeniniu būdu iš gėlavandeniuose vandens telkiniuose nusėdančio žuvusio planktono ar bentoso, kuriuos pelogeno sluoksnyje, trūkstant deguonies, perdirba bakterijos, vabzdžių lervos, kirmėlės ir moliuskai. Priemaišas sudaro mineralinė dalis: smiltelės, molis ar gėlavandeniai karbonatai bei iš vandens nusėdę kalcio, geležies ir magnio oksidai. Kasmet ežeruose nusėda po 1–6,6 mm sapropelio. Sapropelis aptinkamas ežerų dugne, po užaugančių, pelkėmis apsuptų ežerų pakrančių plaukiojančia durpių danga, o durpynuose, kurie susiformavo durpojams visiškai užklojus buvusį ežerą, giliau durpių klodo.

Pagal sudėtinių dalių kilmę ir jų santykį išskiriami genetiniai sapropelio tipai, klasės ir atmainos (11 lentelė).

11 lentelė. Sapropelio genetinė klasifikacija

Tipas	Klasė	Atmaina	Sudėtis (%)			
			Pelenų kiekis	CaO	Fe ₂ O ₃	
Autochtoninis	Organinis	Mišrus vandens augalų	<= 30	<= 8	<= 5	
		Durpingas	<= 30	<= 8	<= 5	
		Zoogeninis	<= 30	<= 8	<= 5	
	Organinis-silicinis	Diatomėjinis	<= 65	<= 5	<= 5	
	Organinis-mineralinis	Vandens augalų karbonatingas	30–65	8–30	<= 5	
		Vandens augalų geležingas	30–65	<= 8	5–10	
	Mineralinis	Karbonatingas	65–85	>30	<= 5	
		Geležingas	65–85	<= 8	> 10	
	Mišrus	Organinis-klastinis	Vandens augalų smėlingas	30–65	<= 8	<= 5
			Vandens augalų molingas	30–65	<= 8	<= 5
Smėlingas		65–85	<= 15	<= 10		
Alochtoninis	Klastinis	Molingas	65–85	<= 15	<= 10	
		Molingas-karbonatingas	65–85	15–30	<= 10	

Sapropelio telkinių geologiniam tyrimui yra priimtinesnė genetinė-pramoninė klasifikacija, paremta gausiais tyrimų rezultatais ir įprastiniais cheminių tyrimų metodais nustatomais rodikliais, kurie puikiai atspindi ežerų sedimentacijos ypatybes bei sapropelio panaudojimą lemiančias technologines savybes (12 lentelė).

12 lentelė. Pramoninė-genetinė sapropelio klasifikacija (Bambalov, 1991)

Tipas	Klasė	Diagnostiniai rodikliai							Panaudojimas	
		A ^s (%)	HR/LR	SiO ₂ /CaO	SiO ₂ (a)/SiO ₂ (b)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	CaO/Fe ₂ O ₃		SO ₃ (%)
Organinis (O)	O ₁	<= 30	>3							Augimo stimulatoriai, humininiai preparatai, statybinių medžiagų gamyba, trąšos
	O ₂	<= 30	1-3							Gydomasias purvas, biologiškai aktyvios medžiagos, trąšos
	O ₃	<= 30	0,5-1							Užpildai, gręžimo skiediniai, gydomasias purvas, trąšos
	O ₄	<= 30	<0,5							Rišamoji medžiaga, gręžimo skiediniai, gydomasias purvas, trąšos
Silicinis (S)	S ₁	30-50		>2	<0,5	<10				Trąšos, gręžimo skiediniai, statybinių medžiagų gamyba, gydomasias purvas
	S ₂	50-85		>10	<0,5	<10				Dirvų kolmatacija, tamponažiniai skiediniai, trąšos
	S ₃	30-50		>2	>0,5	<10				Augimo stimulatoriai, gydomasias purvas
	S ₄	>30		>2	>0,5	>10				Gydomasias purvas
Karbonatinis (K)	K ₁	>30		<0,4						Mineralinis-vitamininis priedas į pašarus, gydomasias purvas, dirvų kalkinimas
	K ₂	>30		0,4-0,7		>5				Dirvų kalkinimas, tamponažiniai skiediniai, gydomasias purvas
Mišrus (M)	M ₁	>30		0,7-2,0			>4	>3	<10	Trąšos, statybinių medžiagų gamyba, gydomasias purvas
	M ₂	>30		0,7-2,0			1-4	0,4-3,0	<10	Gręžimo skiediniai, statybinių medžiagų gamyba, gydomasias purvas
	M ₃	>30		0,7-2,0			<1	<0,4	<10	Gydomasias purvas
	M ₄	>30		0,7-2,0			>1		>10	

Santrumpos: A^s – pelenų kiekis sausoje medžiagoje; HR – lengvai hidrolizuojamos medžiagos; SiO₂ (a) – silicio oksido amorfinės formos kiekis (%) sausojoje medžiagoje; SiO₂ (b) – bendras silicio oksido kiekis sausojoje medžiagoje (%).

Pastabos: visi diagnostiniai požymiai nustatomi (%) sausojoje medžiagoje. Silicinis S₂ klasės sapropelis tinkamas naudoti visose rekomenduojamose srityse tik tada, kai A^s < 70 (%).

Ši klasifikacija, kaip ir kitos, remiasi genetinę prasmę turinčiu žinomu organinės ir mineralinės medžiagos sapropelyje santykiu. Jis išreiškiamas sapropelio peleningumu (A^s), kuris labiausiai apibendrintai atspindi limninių, litologinių-petrografinių ir geografinių veiksnių, lemiančių sapropelio sudėtį ir savybes, kaitą. Tokiame integruotame pavidale atspindi organinės medžiagos kaupimosi ir pasikeitimo lygis bei terigeninės dalies atnešimo ir autigeninių naujadarų pobūdis. Pramoninėje-genetinėje klasifikacijoje išskiriamos dvi svarbiausios grupės: mažai peleningas (A^s < 30 %) ir peleningas (A^s = 30–85 %) sapropelis.

Mažai peleningas organinio tipo sapropelis kaupiasi eutrofiniuose ir distrofiniuose, dažniausiai nedidelio ploto nepratekančiuose arba silpnai

pratekančiuose ežeruose. Čia egzistuoja lėta vandens apykaita ir gausus bioproduktyvumas. Kai kurie tokie ežerai yra apsupti pelkių.

Sapropelio organinės medžiagos kilmę rodo humininių rūgščių ir lengvai hidrolizuojamų medžiagų santykis. Pagal tai išskiriamos 4 organinio sapropelio klasės (12 lentelė). Į pirmą (O_1) klasę patenka sapropelis, kuriam susidarant greta planktono ryškų vaidmenį vaidina alochtoninė organinė medžiaga iš ežerų supančių durpynų. Tai durpingo sapropelio klasė. Jame aptinkamas didžiausias kiekis durpėms artimų humininių rūgščių, praturtintų vandeniliu ir azotu. Tokie sluoksniai kaupiasi distrofinę stadiją pasiekusiuose ežeruose, kuriuose vanduo yra mažai mineralizuotas, gausiai žydi, jame menka planktono biomasė ir gausu humininių medžiagų.

Likusios trys (O_2, O_3, O_4) organinio sapropelio klasės formuojasi iš nusėdančios autochtoninės (makrofitinės ir planktoninės kilmės) organinės medžiagos. Pratekančiuose ežeruose (vidutinio gylio silpnai eutrofiniuose ir mezotrofiniuose), kur palyginti lėta sedimentacija, vyksta intensyvi organinės medžiagos oksidacija. Čia susidariusiose humininėse rūgštyse aptinkami aromatinių junginių fragmentai. Susiformuoja O_2 klasės humininėmis rūgštimis praturtintas sapropelis. Didesnio organinės medžiagos produktyvumo eutrofiniuose ežeruose susidaro nedidelis humininių rūgščių kiekis. Ten formuojasi O_3 klasės sapropelis. Sparčiai vykstant eutrofikacijos procesui, ežeruose gausiai kaupiasi organinė medžiaga, todėl aerobinės sluoksnio sąlygos greitai virsta anaerobinėmis. Tokiomis sąlygomis organinė medžiaga beveik nemonifikuojasi ir susidaro mažai humininių rūgščių turintis O_4 klasės sapropelis.

Peleningo sapropelio grupę sudaro 3 organinio-mineralinio sapropelio tipai: silicinis, karbonatinis ir mišrus (12 lentelė). Šis skirstymas paremtas pelenų chemine sudėtimi. Silicio, geležies ir kalcio oksidų tarpusavio santykiai atspindi sapropelio mineralinės dalies kaupimosi procesus.

Ežeruose labiausiai paplitęs yra silicinio tipo sapropelis. Pagal bendrą pelenų ir geležies oksidų kiekį bei SiO_2/CaO ir amorfinio bei viso silicio dioksido santykį išskiriamos 4 klasės. S_1 klasės sapropelis kaupiasi įvairaus dydžio negiliuose ir vidutinio gylio eutrofiniuose ir silpnai eutrofiniuose ežeruose, kur yra gana intensyvi biologinė gyvybė ir gausiai prinešama mineralinių medžiagų. Viršutinė šios klasės peleningumo riba – 50 % yra paremta tik technologinėmis sapropelio panaudojimo galimybėmis.

S_2 klasės sapropelio kaupimosi gamtinės sąlygos panašios kaip ir S_1 klasės, išskyrus tai, kad tokių ežerų bioproduktyvumas yra menkas. Todėl čia smarkiai išauga terigeninės dalies makrokomponentų kiekis, bet sumažėja geležies, fosforo bei azoto, susijusių su organine medžiaga.

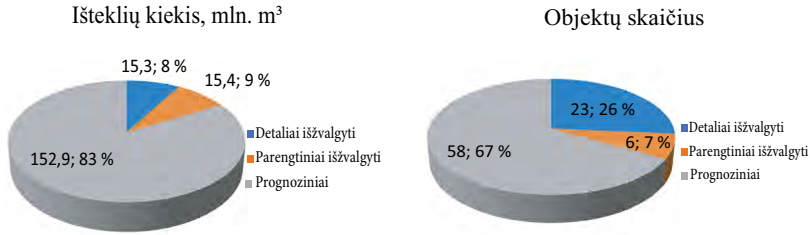
Kai S_1 arba S_2 klasių sapropelyje susikaupia per 10 % geležies oksido, išskiriamas gydymo tikslams tinkantis S_4 klasės sapropelis. Išskirtinis yra

ir S_3 klasės sapropelis, jam būdingas didelis autigeninio silicio dioksido kiekis. Šios klasės sapropelis susidaro užpelkėjusioje teritorijoje, kai visame ežero baseine vyksta intensyvus geocheminių medžiagų išnešimas, taip pat gausu organinės medžiagos, kuri absorbuoja iš vandens tirpius silicio oksidus ir sudaro kompleksinius silicio bei geležies junginius su humininėmis rūgštimis. Terigeninių sąnašų susikaupimas minimalus. Vandenyje gausiai veisiantis diatomėjoms susidaro sapropelis, kuriame amorfinio silicio dioksido kiekis sudaro daugiau nei pusę viso silicio dioksido kiekio. Dažniausiai toks sapropelis turi nedaug pelenų (30–40 %), daugiau geležies, fosforo, humininių rūgščių ir mažiau terigeninės kilmės elementų. Organinės dalies sudėtis sutampa su O_2 ir O_3 klasių organinės medžiagos sandara.

Karbonatinio tipo sapropelis pagal silicio ir kalcio oksidų santykį bei geležies oksido kiekį skirstomas į dvi klases (12 lentelė). Pirmosios klasės sapropelis pasižymi didžiausiu Ca ir Mg kiekiu. Palankiomis hidrocheminėmis sąlygomis jis kaupiasi mezotrofiniuose ir silpnai eutrofiniuose ežeruose, kada iš viso vandens baseino gausiai prinešama ištirpusios karbonatinės medžiagos. K_2 klasės sapropelyje padidėja nekarbonatinė terigeninė dalis, o kartu ir geležies kiekis. Karbonatinio sapropelio organinė medžiaga pasižymi visoms keturioms organinio sapropelio klasėms būdingais humininių rūgščių santykiais.

Mišraus tipo sapropelis turi labai įvairų organinės medžiagos kiekį. Pagal silicio, kalcio ir geležies santykius pelenuose, taip pat sieros oksidų kiekį, išskiriamos 4 mišraus sapropelio klasės (12 lentelė). M_1 klasės sapropelis dažniausiai būna silicinis-karbonatinis, M_2 klasės – silicinis-karbonatinis ir geležingas, M_3 klasės – silicinis ir geležingas, o M_4 klasės sapropelis išsiskiria dideliu sieros oksido kiekiu. Cheminė sudėtis lemia sapropelio panaudojimo sritis bei vertę. Labiausiai vertinamas ir plačiausiai gali būti panaudotas sapropelis, kuriame gausu organinės medžiagos.

Lietuvos geologijos tarnybos duomenų bazėje ir Žemės gelmių registre užfiksuoti duomenys apie 87 įvairiu detalumu išžvalgytus sapropelio telkinius ir prognozinius plotus (56 pav.). Iš jų tik viename seniai eksploatuojamame Alių durpyne yra aprobuoti detalieji išžvalgyti sapropelio išteklių, esantys giliau durpių pado. Lietuvos žemės gelmių išteklių registre užfiksuota apytiksliai 186,3 mln. m^3 įvairiu detalumu ištirtų sapropelio išteklių. Detalieji išžvalgytų išteklių dalis yra menka – 15,3 mln. m^3 , arba 8,3%, pagal tūrį ir 26,4 % – pagal detalieji ištirtų objektų, apskaitomų Žemės gelmių registre, skaičių. Tai, kad daugiau nei ketvirtadalis į Žemės gelmių registrą įtrauktų objektų jau ištirta detalieji, o parengtiniai išžvalgytų ežeruose sapropelio telkinių tėra vos 6 vienetai, nėra gerai, juolab kad dar XX a. viduryje buvo inventorizuoti 436 ežerai

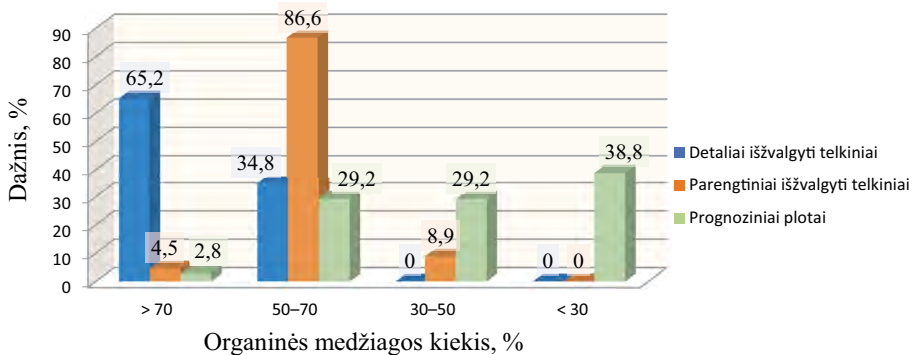


56 pav. Lietuvos sapropelio telkinių ir prognozinių plotų, apskaitomų Žemės gelmių registre, kiekio ir objektų skaičiaus santykio diagramos.

su sapropeliu ir 370 pelkių, kuriose giliau durpių aptinkamas sapropelis (žr. Гарункштис ir kt., 1964).

Ištirto sapropelio klodo sudėtis pagal svarbiausią komponentą – organinės medžiagos kiekį – labai nevienoda (57 pav.). Detaliai išvalgytuose telkiniuose vyrauja organinis sapropelis, nes 65,2 % telkinių vidutinis organinės medžiagos kiekis visame sapropelio klode viršija 70 %. Yra telkinių, kuriuose šio komponento vidutinis kiekis yra artimas 90 % ar net šiek tiek daugiau. Tai labai vertinga naudingoji iškasena. Likusi dalis detaliai išvalgytų sapropelio telkinių organinės medžiagos turi vidutiniškai 50–70 %.

Parengtiniai išvalgytuose telkiniuose ryškiai vyrauja peleningas sapropelis, kuris dar tinkamas detaliai žvalgyti ir sudaro 86,6 %, nes ta dalis, kurioje organinė medžiaga nesiekia 50 %, nėra tinkama įsisauginimui. Tarp prognozinio patikimumu ištirtų ežerų sapropelio klodų situacija yra ryškiai prastesnė, nes 68 % atvejų organinės medžiagos kiekis yra mažesnis nei 50 %. Jie neturi pramoninės vertės, kadangi net gausiai praturtintas šia medžiaga sapropelis vis dar sunkiai skinasi kelią į rinką. Tačiau atlikus detalesnius tyrimus, kai kuriais atvejais

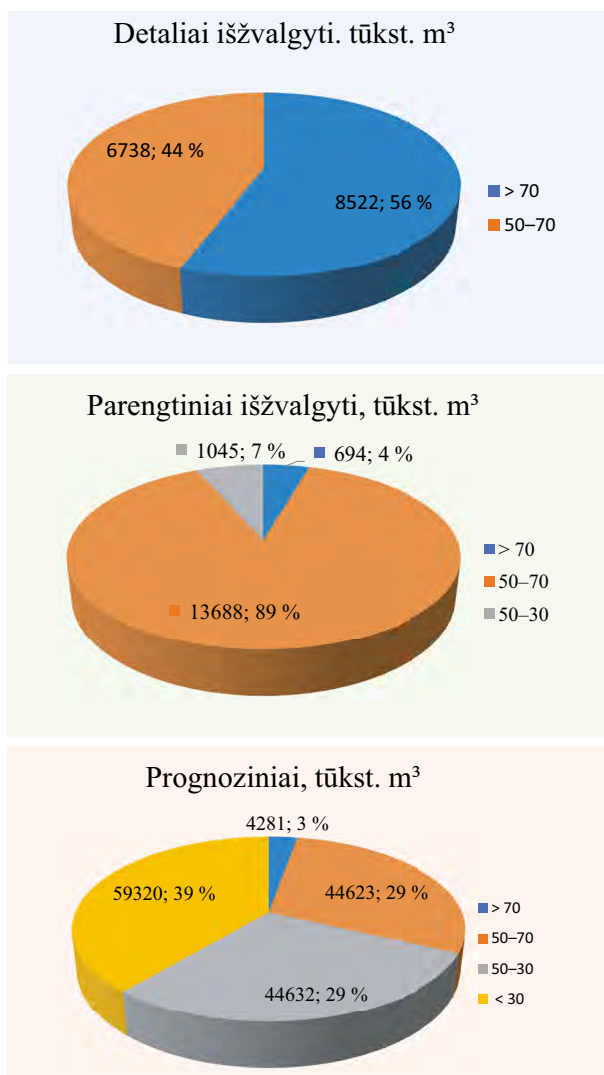


57 pav. Organinės medžiagos kiekio pasiskirstymo histogramos Žemės gelmių registre apskaitomuose telkiniuose ir prognozinuose plotuose.

ir tokiuose ežeruose pagal pavienius mėginius nustatytas organinės medžiagos kiekis gali pasikeisti.

Detaliai išžvalgytuose sapropelio telkiniuose gausiai organinė medžiaga prisotinto (>70 %), t. y. organinio, sapropelio yra išžvalgyta 8 522 tūkst. m³. Tai gana reikšminga aplinkybė, nes verslas orientuojasi į aukščiausią sapropelio klogo kokybę (58 pav.). Peleningo detaliai išžvalgyto sapropelio kiekis sudaro 6 738 tūkst. m³, arba 44 % viso tūrio.

Tarp parengtiniai išžvalgytų išteklių 13 688 tūkst. m³, arba 89 % nustatyto tūrio, sudaro peleningas sapropelis, kuriame organinės medžiagos yra

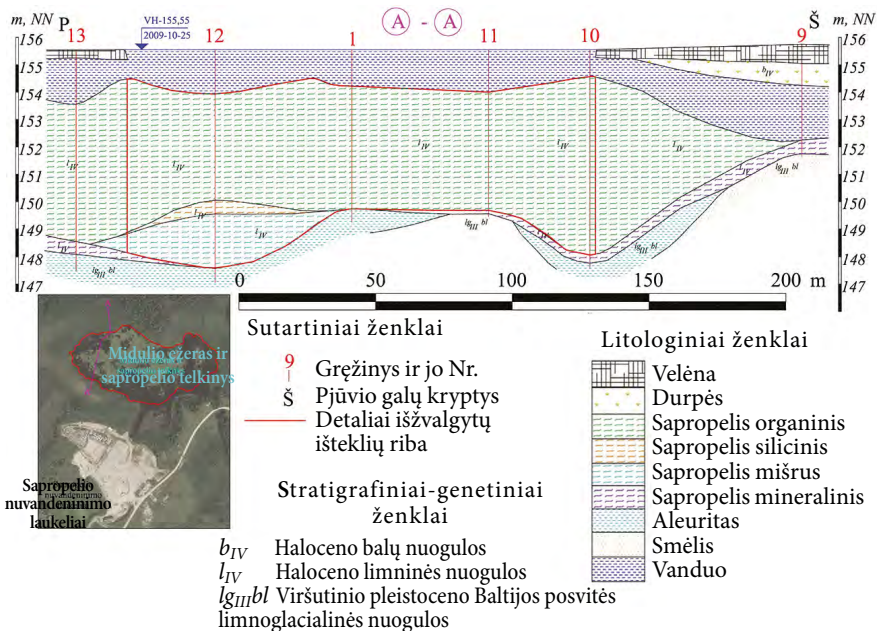


58 pav. Sapropelio išteklių pagal organinės medžiagos procentinį kiekį santykio diagramos.

50–70 %. Organinio sapropelio aptikta nedaug – 694 tūkst. m³. Likusi dalis (1 045 tūkst. m³), kurioje pelenuų kiekis viršija organinės medžiagos dalį, yra neįdomi detalesniems tyrimams. Tarp prognozinių sapropelio išteklių organiniam sapropeliui tenka tik 3 %, tačiau tai sudaro 4 281 tūkst. m³. Toks kiekis yra vertas tolesnių tyrimų. Tačiau daugiausia prognozinių sapropelio išteklių turi daugiau mineralinės nei organinės dalies, tad jie taip pat nėra patrauklūs detalesniam tyrimui.

Sapropelio telkiniai ežeruose nėra vienalytės sandaros, net ir tų, kurie yra apsupti pelkių, klode vyrauja organinis sapropelis. Sapropelio klodo formavimosi pradžioje, kol poledynmetyje klimatas dar nebuvo šiltas, nusėdo daugiau mineralinėmis dalelėmis prisotintas dumblas, t. y. mineralinis, mišrus ar atskirose ežero vietose ir silicinis sapropelis (59 pav.). Tipiška Midulio ežero sapropelio telkinio sandara liudija, kad sapropelio kaupimosi pradžioje ežeras buvo gerokai didesnis, nes giliau plūduriuojančios velėnos ar durpių klodo jau užakusioje ežero dalyje sapropelio kaupimasis nuslopsta.

Sapropelio kaip naudingosios iškasenos vertę lemia jo sudėtis ir fizikinės savybės. Plačiausiai naudojamas natūralus sapropelis. Sapropelyje yra organinių medžiagų, karbonatų, mikroelementų, vitaminų, amino rūgščių, ir nemaža dalis komponentų yra judrių, augalų bei gyvų organizmų lengvai įsisavinamų formų, todėl jis yra naudojamas kaip trąša, priedas į pašarus



59 pav. Midulio ežero sapropelio telkinio ir apyvelkės Zarasų rajone geologinis-litologinis pjūvis.

ir net gydomas purvas ar kosmetikos gaminiams. Be to, sapropelis gali būti perdirbtas termiškai arba cheminiais reagentais. Jį kaitinant galima gauti degutą, o iš pastarojo – vašką, parafiną, fenolus, gumos minkštiklius ir kitus produktus. Chemiškai perdirbant galima išgauti augalų augimo stimulatorius – huminines ir fulvo rūgštis.

Svarbiausia sapropelio savybė yra ta, kad jis lėtai mineralizuojasi ir pamažu atpalaiduoja maisto medžiagas. Durpės ir mėšlas sudulėja per 1–2 metus, o sapropelio dūlėjimo laikas siekia 20 metų (žr. Ciūnys ir kt., 1994). Sapropelis yra aukštos kokybės efektyvi ir ekologiška, švari kompleksinė trąša, didinanti augalų atsparumą ligoms. Išdžiovintas granuliu pavidalu sapropelis naudojamas gaminant kombinuotus pašarus arba jo tiesiog dedama į pašarus, nes jis yra proteinų ir kalcio mikroelementų šaltinis (žr. Ciūnys ir kt., 1994). Šis priedas stimuliuoja gyvūnų įvairių sistemų ir organų veiklą, padidina jų atsparumą ligoms.

Biologiniai augalų augimo stimulatoriai, ekstraktai, gumbelinių bakterijų substratų preparatai, paruošti sapropelio terpėje, yra 3–4 kartus gyvybiškesni nei durpių terpėje. Natūralios drėgmės sapropelis pašalina metalų rūdis, todėl juo galima konservuoti metalines rūdijančias detales (žr. Ciūnys ir kt., 1994). Peršaldytas purus sapropelis tinka naudoti biologiniam vandens valymui. Karbonatiniu sapropeliu galima apdoroti keraminius dirbinius, nes labai sumažina jų deformacijas ir pagreitina išdegimą.

Biologiškai aktyvių medžiagų turintis, puikiomis šiluminėmis ir platinėmis savybėmis pasižymintis sapropelis naudojamas medicinoje, ypač balneologijoje, veterinarijoje, gaminant vitaminizuotus tepalus, ekstraktus vonioms. Sapropelio (O_2 pramoninės-genetinės klasės) purvo vonios ir kompresai veikia švelniau ir efektyviau nei durpinis gydomas purvas. O_1 pramoninės-genetinės klasės sapropelis dėl didelio humininių rūgščių kiekio tinka naudoti kaip biologiškai aktyvi medžiaga, taip pat gydomųjų humininių preparatų gamybai. O_3 pramoninės-genetinės klasės sapropelis, turintis daugiau lengvai hidrolizuojamų ir redukuojančių medžiagų, gali būti panaudojamas kaip priedas gaminant statybines medžiagas, gręžimo skiedinius. Dar daugiau minėtų medžiagų turintis O_4 pramoninės-genetinės klasės sapropelis, be jau minėtų sričių, gali būti panaudotas medžio plaušo ar medienos pjuvenų plokščių gamybai, nes turi nedaug humininių rūgščių ir daugiausiai lengvai hidrolizuojamų medžiagų bei azoto junginių, kurie lemia šio sapropelio geras klįjavimo savybes.

Silicinis S_1 pramoninės-genetinės klasės mažai peleningą sapropelį galima naudoti kaip trąšą bei gaminant gręžimo skiedinius, balneologijoje ir statybinių medžiagų gamyboje. S_2 pramoninės-genetinės klasės peleningas sapropelis dėl prastesnės kokybės gali būti panaudotas tik nederlingų smėlingų dirvų kolmatacijai. S_3 pramoninės-genetinės klasės sapropelis, turintis didesnę organinės medžiagos, azoto ir amorfinio silicio

oksido kiekį, rekomenduojamas naudoti kaip augimo stimulatorius ir balneologijoje, o labiau praturtintas geležimi S_4 pramoninės-genetinės klasės sapropelis – kaip gydomasis purvas.

Karbonatinis (K_1) sapropelis dažniausiai naudojamas pašarų gamyboje, o daugiau karbonatų turintis K_2 pramoninės-genetinės klasės sapropelis – rūgščioms dirvoms kalkinti, tamponažiniams skiediniams ir gydomajam purvui.

Nedaug geležies turintis mišrus M_1 pramoninės-genetinės klasės sapropelis gali būti panaudotas kaip trąša ir gydomasis purvas, M_2 pramoninės-genetinės klasės sapropelis – gręžimo skiediniams ruošti ir kaip technologinis priedas statybinių medžiagų gamyboje. M_3 ir M_4 pramoninės-genetinės klasės sapropelis dėl didelio geležies bei sieros kiekio tinka naudoti pėdų terapijoje.

Lietuvoje iš 23 detalai išžvalgytų telkinių leidimai naudoti sapropelio išteklius suteikti 10 vietų. Šiuose telkiniuose nustatyti ištekliai sudaro 5 098 tūkst. m^3 . Nuolat, tačiau itin mažais kiekiais (dėl panaudojimo specifikos), sveikatinimo tikslams naudojamas tik Rauško ežero (Šilalės r.) ir Gervinio ežero (Druskininkų sav.) sapropelis. Kituose telkiniuose bandant sapropelį panaudoti žemdirbystėje, netrukus įmonės arba bankrutuodavo, arba sapropelio išsiurbimas būdavo nutraukiamas. 1998–2024 m. iš visų telkinių buvo išgauta vos 59 tūkst. m^3 . Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos duomenimis, 2015–2016 m. jo gavyba sudarė 35 tūkst. m^3 , tačiau tuo šis procesas ir pasibaigė.

Gavybos problemų priežastys glūdi pačiame sapropelyje. Žemdirbystėje naudojamas sapropelis turi būti purus, apie 55–60 % drėgmės, o iš ežero išsiurbto sapropelio drėgmė yra didesnė nei 93 %. Beveik visas sapropelyje esantis vanduo yra surištas koloidinėje jo struktūroje. Nesuardžius šių koloidinių ryšių, sapropelis ore palengva išdžiūsta ir negrįžtamai virsta niekam netinkančia keramika. Tokios medžiagos neįsisavina nei dirvožemio mikroorganizmai, nei augalai.

Patikimiausias ir nuo seno žinomas būdas yra sapropelio sušaldymas. Šiltuoju metų laiku sapropeliu būdavo pripildomi pulpos laukeliai. Jam nusėdus, viršutinis vanduo gražinamas atgal į ežerą, o žiemos šalčiai atlieka savo darbą. Tačiau žiemos Lietuvoje – ne visada pakankami šaltos, kad 30–40 cm sapropelio sluoksnelis peršaltų. Į tokius gamtos spąstus pateko ne viena įmonė. Nusodinimo laukeliuose neperšalęs sapropelis lieka klampia koše, kuri apauga švendrėmis. Todėl prasidėjusi gavyba sustojo.

Suardyti koloidinius ryšius ir pašalinti vandenį galima panaudojant Lietuvoje patentuotą sapropelio sušaldymo į sniego kristalus sniego patrankomis technologiją. Net esant $-3-5$ °C oro temperatūrai galima greitai paruošti pakankamą kiekį peršaldyto sapropelio pramonei gamybai.

Itin smulkios sapropelio dalelės, skrisdamos šaltame ore, iškart spėja sušalti (6o pav.). Šio proceso metu panaudojama šalčio energija, o pavasarį sausinant ir džiovinant atitirpstantį sapropelį – saulės bei vėjo energija.

Tačiau vien tik peršaldyto sapropelio panaudojimas dirvoms gerinti nėra pakankamas. Sapropelis turi labai mažai bakterijų, kurios dirvožemyje galėtų suaktyvinti organinės medžiagos transformaciją, kad ji taptų pasiekiamą augalų mitybai. Todėl ruošiant auginimo mišinį augalams būtina pridėti durpių. Toks sapropelio ir durpių mišinys yra brangus produktas. Investicijos į dirvos gerinimą gali sparčiau atsipirkti šilto klimato zonose, kur derlius nuimamas 2–3 kartus per metus, o dirvožemis patiria intensyviausią degradaciją. Lauko bandymais įrodyta, kad smėlingame dykumų dirvožemyje paskleidus 60 t/ha sapropelio ir durpių mišinio, derlius



6o pav. Inovatyvios sapropelio paruošimo, įterpimo į gruntą technologijos ir derliaus pavyzdžiai.

prilygsta gaunamam laistomuose Nilo slėnio laukuose. Tačiau tokio kiekio paskleidimas yra per daug brangus, todėl prieš 35–40 metų Baltarusijos mokslų akademijos parengtos rekomendacijos arabų šalims liko istorijai.

Efektyvus sprendimas buvo rastas, kai UAB „GJ Magma“ kartu su Vytauto Didžiojo universitetu ir Radviliškio mašinų gamykla sukūrė žemės ūkio mašiną „Scarabeus“, kuri važiuodama įterpia šį meliorantą į tris vagas – tiesiai į augalų šaknų zoną (60 pav.). Šis technologinis sprendimas leido sumažinti naudojamo melioranto kiekį 6 kartus išlaikant tokią pat jo koncentraciją ties augalų šaknimis. Intarpas iškart užverčiamas paviršiniu sluoksniu. Bandomuosiuose laukuose Serapiniškių karjero dugne (Trakų r.) ir Tabernaso dykumoje (Ispanija) tai buvo organikos neturintis smėlis. Šis būdas apsaugo meliorantą nuo saulės ir vėjo bei mechanizmų poveikio nuimant derlių ir parengiant lauko paviršių kitai sėjai.

Eksperimentų metu gauti puikūs rezultatai. Dėl sapropelio gebėjimo sulaikyti drėgmę, įterpus į žemę meliorantą iš sapropelio, augalų laistymo norma sumažėjo du kartus, palyginti su kitomis organinėmis trąšomis (mėšlu ar kompostu). Dėl tos pačios priežasties mažėja ir įterpiamų augalų maitinančių elementų normos. Toks meliorantas išlieka veiksmingas 4–5 metus, priešingai nei kitos organinės trąšos, kurias būtina įterpti kasmet. Naudojant sapropelio pagrindu pagamintą meliorantą, jo linijinio įterpimo tiesiogiai į augalų šaknų zoną technologiją ir specialiai tam sukurtą žemės ūkio mašiną, dėl klimato kaitos degradavusio dirvožemio atkūrimui arba naujų žemdirbystei tinkamų žemių sukūrimui dykumų zonoje kaštai sumažėja iki 5 kartų. Reikia tikėtis, kad šios inovacijos paskatins melioranto iš sapropelio paklausą bei rinką, kurios kol kas nėra.

Smėlis ir žvyras

Šios grupės kvartero periodo naudingosios iškasenos aptariamose drauge, nes jų skirstymas į tris grupes yra sąlyginis, o visas tas grupes formavo tie patys geologiniai procesai.

Žvyras – tai iš stambių apgludintų nuolaužų susiformavusi biri nuosėdinė uoliena, kurią sudaro riedulių (>63 mm skersmens), gargždo (31,5–63 mm), žvirgždo (4–31,5 mm), smėlio (0,063–4 mm) ir aleurito (0,01–0,063 mm) bei molio (<0,01 mm) priemaišos. Šis skirstymas pagal nuotrupų dydžius taikomas geologijoje. Kitose pramonės šakose klasifikavimas gali būti kitoks. Pagal standartą LST 1331:2022 lt (Gruntai, skirti kelių ir kelių statinių statybai. Klasifikacija) automobilių kelių tiesimui ir taisymui naudojamam žvyrai priskiriami 2–63 mm grūdėliai, smėliui – 0,06–2 mm dalelės.

Smėlis taip pat yra biri nuosėdinė uoliena, susiformavusi iš smulkių nuolaužų, ją sudaro 0,063–4 mm dydžio mineraliniai grūdėliai. Geologijoje

smėlis skirstomas į itin rupų (1–4 mm), rupų / stambų (0,5–1 mm), vidutinį (0,25–0,5 mm), smulkų (0,125–0,25 mm) ir itin smulkų (0,063–0,125 mm).

Žvyro telkiniui priskiriami klodai, kai >4 mm frakcijos svertinis kiekis jame viršija 10 %. Esant mažesnei šių dalelių koncentracijai, telkinys laikomas smėlio. Kai išsirtame geologiniame kūne išsiskiria atskiri smėlio ir žvyro sluoksniai, kuriuos galima iškasti selektyviai, laikomas kompleksiniu smėlio ir žvyro telkiniu.

Kad susidarytų žvyro ir smėlio sankaupos, kietųjų uolienų nuolaužos vandens srautu turi būti pernešamos, surūšiuojamos ir suklostomos. Toks procesas būdingas kalnuotoms sritims. Sraunių kalnų upių ar laikinų vandens srautų nešamos stambios nuolaužos nugula prieškalnėse, kur susidaro milžiniški žvyro klodai iš mažai apzulinčio žvirgždo, gargždo ir riedulių.

Lietuvos teritorijoje panaši gamtinė aplinka buvo tik prekambro laikotarpiu, tačiau to meto nuosėdinės uolienos yra labai paveiktos slėgio bei temperatūros. Jos slūgso giliai ir sudaro kristalinių pamatą. Iki kvartero periodo nebuvo palankių sąlygų žvyro telkiniams formotis, išskyrus siaurus ruožus upių slėniuose ar transgresuojančio pajūrio abrazijos zonas.

Toks palyginti ramus geologinių procesų laikotarpis pasibaigė Lietuvos teritorijoje kvartero periodu, kai nuolat kartojosi apledėjimai. Geologinių procesų intensyvumas ledynmečiais prilygo aktyviausiai kalnodarai, o įvairovė neturėjo analogų. Kvartero nuogulos yra savitos, jos sudarytos iš šviežios, chemiškai nesudūlėjusios nuolaužinės medžiagos. Slinkdamas ledynas sugriebdavo labai daug įvairaus dydžio uolienų gabalų (Puntuko, Barstyčių akmenys), o kartais atplėsdavo iš pamato ir daug didesnius nuogulų luistus (pvz., kreidos mergelio telkiniai Varėnos r.). Tirpstančio ledyno vanduo nuolaidžiu ledo paviršiumi pernešdavo, surūšiuodavo ir papėdėje arba prieledyninėje lygumoje suklostydavo didelę dalį atvilkto medžiagos. Tik taip galėjo susiformuoti mūsų žvyro ir smėlio klodai, nes prekvartero smėlingos uolienos sudarytos iš smulkesnių smiltelių. Taigi visi žvyro bei rupesnio statybinio smėlio telkiniai Lietuvoje yra kvartero amžiaus.

Priklausomai nuo aplinkos, kurioje klostėsi žvyro ir smėlio klodai, jų sandara, klodo dydis, sluoksnių storis, kaita, granulimetrinė ir mineralinė-petrografinė sudėtis yra skirtinga. Pagal kilmę kvartero smėlio telkiniai priklauso trims paragenetinėms eilėms, o žvyro telkiniai – dviem (13 lentelė). Didžiausią telkinių įvairovę suformuoja kontinentinėmis sąlygomis veikiantys geologiniai agentai. Svarbiausi žvyro ir smėlio telkinių sandaros, išteklių kiekio ir žaliavos kokybės bruožai išryškėja genetinės rūšies arba jos potipio lygmeniu.

Lietuvos žemės paviršių sudaro ledyninės nuogulos. Jose surasta didžioji dalis žvyro ir smėlio telkinių. Todėl ledyninės paragenetinės eilės

13 lentelė. Kvartero amžiaus smėlio ir žvyro telkinių genetinė klasifikacija

Paragenetinė eilė	Paragenetinė grupė	Paragenetinis pogrupis	Genetinis tipas	Genetinis potipis	Genetinė rūšis
Ledyninė (glacialinė)	Ledyno tirpsmo vandens (akvaglacialinė)	Ledyno tirpsmo vandens srautų (fliuvioglacialinis)	Vidinio ledo	Keimai	Fliuiokeimai
					Mišrūs keimai
			Marginalinis	Kraštiniai gūbriai	Supiltiniai kraštiniai gūbriai
					Supiltiniai-sustumtiniai kraštiniai gūbriai
			Prieledyninis	Zandrai	Elementarieji zandrai
					Zandrinės lygumos
					Tarpgūbriniai zandrai
				Fliuvioglacialinės deltos	Zandrinės deltos
					Neišsivysčiusios deltos
					Ledyno tunelių ir kanalų deltos
		Fliuvioglacialinės terasos	Senslėnių žiočių deltos		
			Didžiųjų lateralinių, fliuvioglacialinių nuosruvos slėnių terasos		
		Ledyno ežerų (limnoglacialinis)	Vidinio ledo	Keimai	Limnokeimai
				Prieledyninis	Priekrantiniai
					Paleoupių žiočių
Akvalinė	Fliuvialinė		Aliuvinis	Vaginiai	
				Salpiniai	
	Ežerinė		Ežerinis	Priekrantiniai	
Jūrinė		Jūrinis		Priekrantiniai	
				Sėklavandeniai	
Eolinė			Eoliniai		Fliuvioglacialiniai
					Limnoglacialiniai
					Aliuviniai
					Jūriniai

Žalsva spalva pažymėti tik smėlio telkiniai.

telkiniai yra ypač svarbūs. Šie žvyro ir smėlio telkiniai sudaro **akvaglacialinę** (ledyno tirpsmo vandens) **paragenetinę grupę**. Vandens srautų dinamika ir medžiagos pernešimo būdas nulėmė dviejų paragenetinių pogrupių telkinių atsiradimą – **fliuvioglacialinio** (ledyno tirpsmo vandens srautų) ir **limnoglacialinio** (ledyno tirpsmo vandens baseinų).

Fliuvioglacialinių ir limnoglacialinių žvyro ir smėlio telkinių genetiniai tipai išskiriami pagal jų formavimosi vietą ledyno atžvilgiu – tai **ledyno**

vida (ledyno kontakto), **prieledyniniai** (už ledyno išplitimo teritorijos) ir **marginaliniai** (ties ledyno briauna).

Ryškiai ledyno vidaus žvyro ir smėlio telkinių genetiniu potipiu yra **keimai**. Žodis „keimas“ škotų kalboje reiškia išgaubtą, vingiuotą arba stačių šlaitų kalvą. Keimus sudarančios nuogulos atsirado smėliui, žvyru, aleuritui ar moliui užpildžius ledyno paviršiuje buvusius įdubimus bei pačiame ledyno kūne buvusias nišas, grotas ar kitokias ertmes. Ledynui ištirpus, nusėdusi medžiaga pasiliko ant buvusio ledyno guolio paviršiaus. Todėl dabar keimai sudaro plokščių arba kupolo viršūnių netaisyklingos formos, įvairios orientacijos kalvas. Keimų išplitimo vietose gausu uždarytų daubų.

Pagal nuogulų granulimetrinę sudėtį, sandarą, sluoksniuotumą ir susidarymo sąlygas keimai skirstomi į fluvio-glacialinius (rupi medžiaga, deltinio tipo ar horizontalus sluoksniuotumas), limnoglacialinius (smėlinga-aleuritinga ar molinga horizontaliai ar banguotai sluoksniuota storymė) ir mišrius (pereinamojo pobūdžio sandara). Pagal klastinės medžiagos nusodinimo vietą ledyne išskiriami keimai, susidarę ledyno viduje arba jo apačioje (su morenine danga), taip pat pažemėjusiame jo paviršiuje. Keimų nuogulos formuojasi esant patvenktinėms arba silpnai pratakoms sąlygoms.

Ozų nuogulos suplautos ledyno tirpsmo vandenų neaktyvaus ledo tuneliuose ar plyšiuose arba ties šių srautų žiotimis ledyno pakraštyje ir dažniausiai sudaro siaurus, ilgus, vingiuotus šiuolaikinio reljefo pylimus. Jos formuojasi ledyno paviršiuje tekančiose dažniausiai kanjono tipo upių ir upelių vagose. Kada šie srautai prasigrauzia giliau į ledyno kūną ir teka tuneliais, susidaro ozai, padengti moreniniu priemoliu. Dažniausiai tokie plyšiai formuojasi ledyne pagal jo slinkimo kryptį ir šios reljefo formos vadinamos spinduliniais ozais.

Marginaliniam genetiniam žvyro ir smėlio telkinių tipui priskiriamos **kraštinių fluvio-glacialinių gūbrių** nuogulos. Jos susidaro ties kontinentinio ledyno pakraščiu. Tai sluoksniuotos ar chaotiškos žvyro, smėlio, riedulių, rečiau – moreninio priemolio lėšių sankaupos. Reljefe sudaro išstėtų kalvų grandines, kurios fiksuoja buvusio ledyno pakraštį. Tuo atveju, kai sąnašos kaupiasi ties aktyvaus ledyno pakraščiu, žvyro ir smėlio sluoksniai dažnai būna deformuoti, juose daugiau moreninio priemolio lėšių ar sluoksnių (61 pav.).

Prieledyninį genetinį žvyro ir smėlio telkinių tipą sudaro trys genetiniai potipiai: **zandrų, fluvio-glacialinių deltų** ir **fluvio-glacialinių terasų**. Kiekvienas potipis turi 2–4 genetines rūšis (13 lentelė).

Zandrų nuogulos formuojasi kontinentinio ledyno papėdėje, kai laisvai klaidžiojantys prieledyninėje lygumoje atsiradę tirpsmo vandenys per kelis sedimentacijos ciklus sukloja nuolaužinę medžiagą. Srauto greičiui



61 pav. Kraštinio fliuvioglacialinio gūbrio sujauktos nuogulų tekstūros Sniegių karjere.

sumažėjus, ties ledyno papėde susikaupia itin rupi medžiaga ir susidaro nežymiai palinkęs nuo ledyno krašto į išorę išnašų kūgis (elementarusis zandras). Keliems tokiems kūgiams susijungus šonais, susidaro banguotos zandrinės lygumos, šiek tiek palinkusios į distalinę pusę. Sudėtingesnis reljefas, įvairesnės blogiau išsilaikiusios sandaros smėlingos ir žvyringos nuogulos formuojasi tada, kai prieledyniniai srautai teka tarp ankstesnių recesinių fazių metu susidariusių kraštinių gūbrių. Tada tarpgūbrinio zandro nuogulos užkloja tik buvusias pažemėjusias vietas, o aukštesnėse vietose salų pavidalu išnyra kitos genezės ar litologinės sudėties reljefo formos.

Fliuvioglacialinių deltų nuogulos susidaro prieledyninių ežerų subaeralinėje-subakvalinėje aplinkoje susiformavusių ledyno tirpsmo vandenų srautų žiotyse. Reljefe jos išsiskiria kaip plokščios sąnašinės lygumos. Pagal detalesnes paleogeografines formavimosi aplinkybes išskiriamos zandro deltos, ledyno tunelių ar kanalų deltos, senslėniais tekėjusių upių žiočių deltos.

Fliuvioglacialinių terasų nuogulas senslėniuose suklojo ledyno tirpsmo vandenys. Šiuo metu tai yra plokščios, segmentuotos, ryškiais šlaitais apribotos aikštelės. Labai ryškus ir plačiai žinomas didysis lateralinis Pietryčių Lietuvos senasis slėnis, kuriuo dabar teka Žeimenos, Neries, Vokės, Merkio ir Nemuno (Druskininkų–Merkinės ruože) upės.

Gerokai mažesnę smėlio (žvyro telkiniai čia yra greičiau išimtis) telkinių įvairovę jungia limnoglacialinis (ledyninis-ežerinis) paragenetinis pogrupis (13 lentelė). Prieledyninėje zonoje, esant reljefo polinkui link ledyno, išsilieja dideli ežerai, kuriuose dėl gausesnių sąnašų tiek tiesiogiai nuo ledyno, tiek iš atsilaisvinusios teritorijos susikaupia daug smėlingų

ir molingų nuogulų. Didesniuose priledyniniuose ežeruose gana ryški lateralinė granulimetrinė diferenciacija, pagal kurią išskiriamos genetinės smėlingų limnoglacialinių nuosėdų rūšys (13 lentelė).

Kita svarbi žvyro ir smėlio telkinių paragenetinė eilė yra susijusi su vandeniu kaip geologiniu veiksniu. Čia išsiskiria 3 grupės: **fliuvialinė** (tekančio vandens), **ežerinė ir jūrinė** (13 lentelė). Iš akvalinės paragenetinės eilės darinių svarbesnę pramoninę reikšmę turi **aliuvinės** nuogulos, iš kurių pagal susidarymo sąlygas ir struktūrą ryškiai išsiskiria vaginis žvyras bei smėlis ir smulkesnis salpinis aliuvis. Šios nuogulos paplitusios tiek upių vagose, tiek jų suklotose terasose.

Baltijos **jūros** ar **didesnių ežerų** pakrantės smėlio ir žvirgždo nuogulos šiuo metu dėl gamtosaugos reikalavimų yra nepasiekiamos. Jas Baltijos jūroje galima naudoti tik už pakrantės juostos ribos, t. y. giliau 20 m izobatos, kur yra detalai išžvalgytas Melnragės smėlio ir žvyro telkinys. Senosios vėlyvojo ledynmečio (Baltijos ledyninio ežero) terasos (buvusios kranto ir plažo juostos) Lietuvos pajūryje užima siaurą juostą, kurioje išžvalgyta keletas smulkių ir vidutinio dydžio žvyro ir smėlio telkinių.

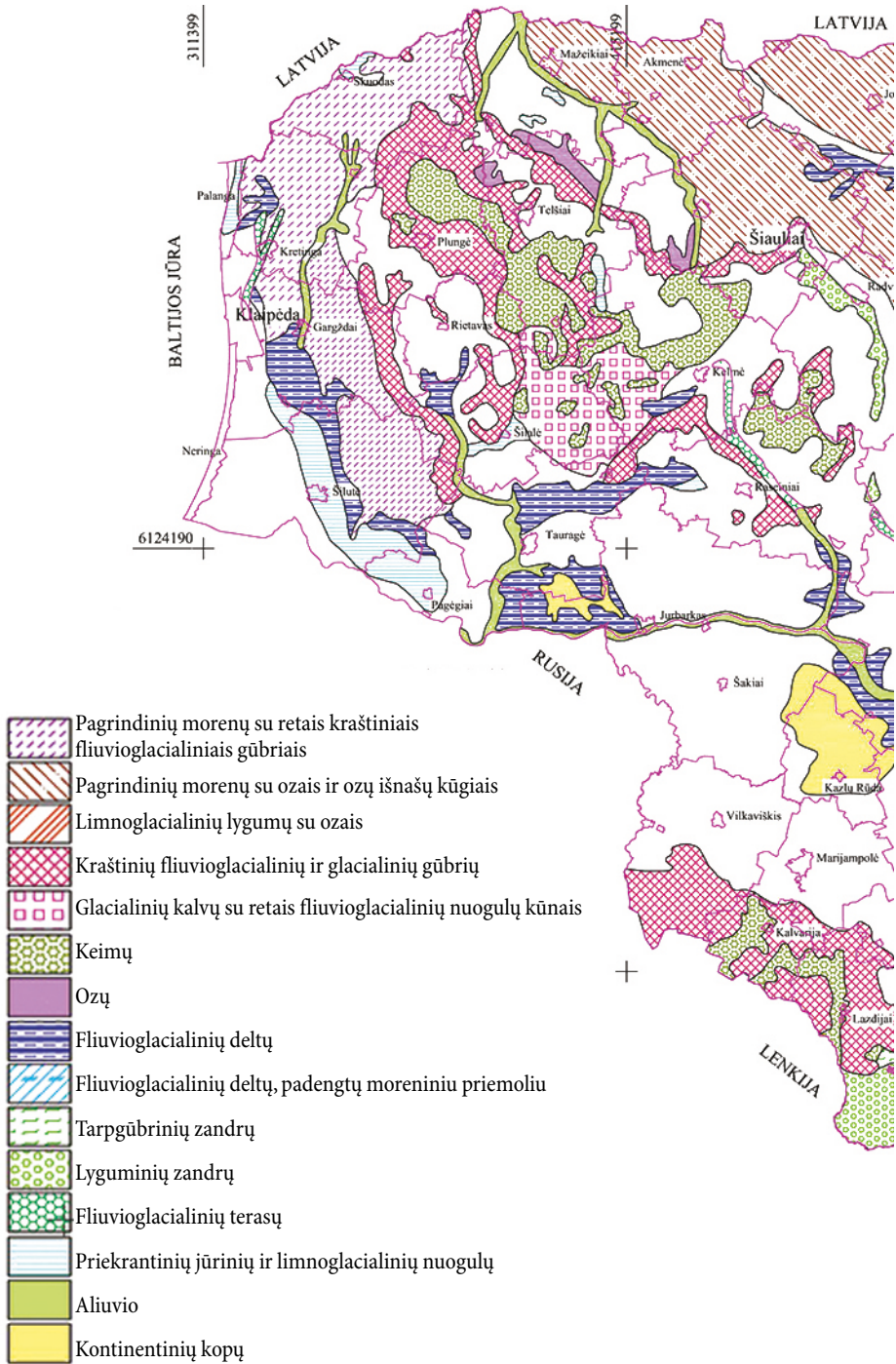
Į kopas **vėjo supustytas** smėlis sudaro savotišką išskirtinę smėlio telkinių paragenetinę eilę. Kadangi poledynmetyje ir holocene daug kur įvairios kilmės smėlynai palyginti per trumpą laiką buvo perpustyti į kopas, tai eolinis smėlis išlaikė pirminės medžiagos požymius. Tokius telkinius tikslinga skirstyti į genetines rūšis pagal motininių nuogulų kilmę (13 lentelė).

Kvartero amžiaus žvyro ir smėlio telkinių susidarymą ir paplitimą lėmė paleogeografinės ledyno deglaciacijos sąlygos ir vėlesni geologiniai reiškiniai: upių slėnių vystymasis, eoliniai procesai ir augalijos įsitvirtinimas. Beveik ketvirtadalyje Lietuvos ploto nėra žvyro ar smėlio telkinių, nes iš viršaus iki 15–20 m gylio slūgso moreninis priemolis, molis, aleuritas arba smulkusis smėlis (62 pav.).

Lietuvoje plačiausiai paplitusios ledyno kraštinės fliuvioglacialinės ir ledyninės nuogulos (apie 13,9 tūkst. km²) (62 pav.), kuriose detalai išžvalgyta 143,35 mln. m³ smėlio ir žvyro bei 21,5 mln. m³ smėlio. Tai reikšminga tiek smėlio, tiek žvyro telkinių grupė, nes pagal detalai išžvalgytų išteklių kiekį jiems tenka 14 % visų išteklių (63 pav.). Palyginę detalai išžvalgytų išteklių kiekį su šios kilmės telkinių genetinės teritorijos plotu, sužinome, kad žemės gelmių įsotinimas detalai išžvalgytais smėlio ir žvyro ištekliais sudaro 12,7 tūkst. m³/km². Tai vidutinis rodiklis.

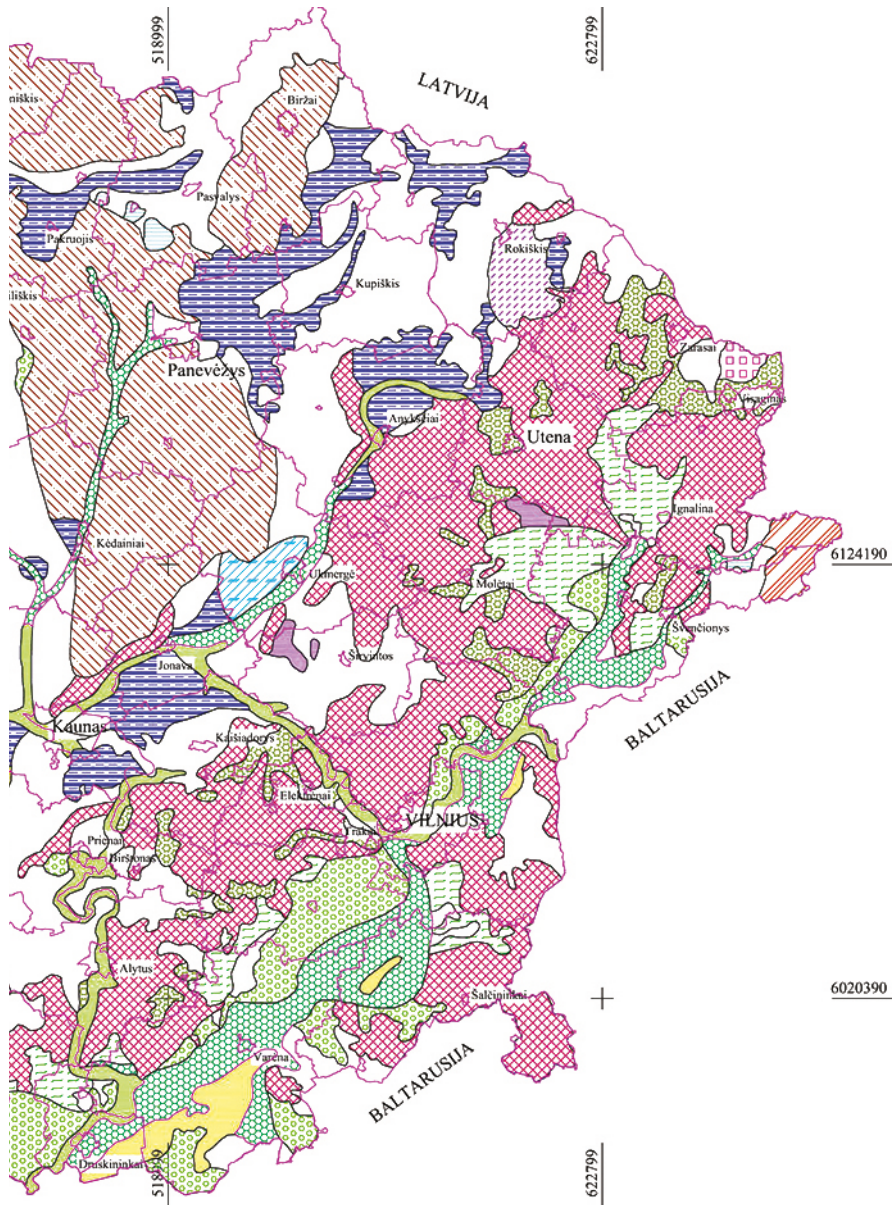
Supiltiniai ar supiltiniai-sustumtiniai kraštiniai fliuvioglacialiniai gūbriai išplitę visame Baltijos aukštumų ruože, Medininkų aukštumoje ir Eišiškių plynaukštėje, apjuosia Žemaičių aukštumą bei sudaro atskirus Vidurio ir Pietų Lietuvos fazės galinių morenų ruožus (62 pav.).

Žvyro ir smėlio telkiniai kraštiniuose ledyno kompleksuose yra pasiskirstę gana netolygiai. Nepastovūs ir jų kokybės rodikliai bei

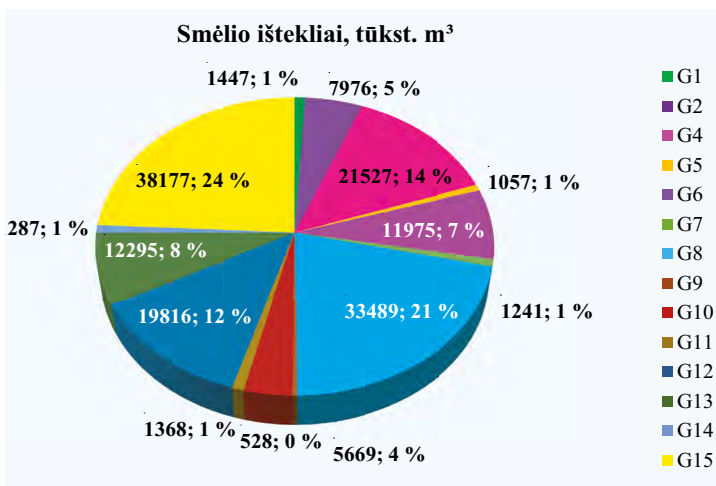
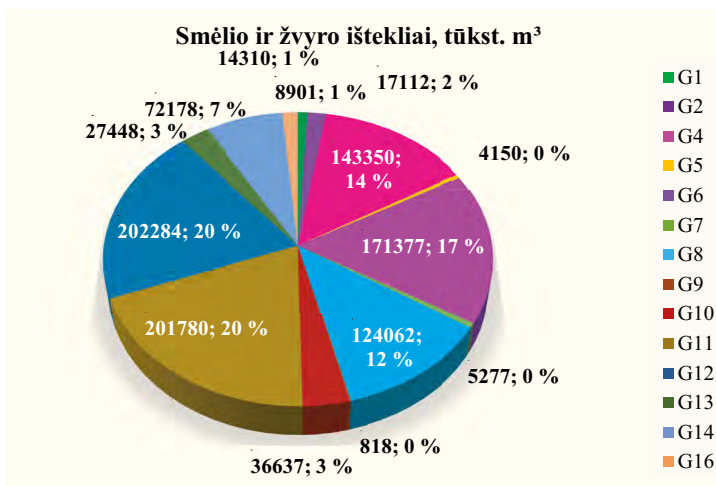


62 pav. Kvartero smėlio ir žvyro telkinių bei prognozinių plotų genetinis rajonavimas.

NEMETALINĖS NAUDINGOSIOS IŠKASENOS



62 pav. (tęsinys).



Telkinių genetiniai rajonai:

- G1 - Pagrindinių morenų su retais kraštiniais fluvio-glacialiniais gūbriais;
- G2 - Pagrindinių morenų su ozais ir ozų išnašų kūgiais;
- G4 - Kraštinių fluvio-glacialinių ir glacialinių gūbrių;
- G5 - Glacialinių kalvų su retais fluvio-glacialinių nuogulų kūnais;
- G6 - Keimų; G7 - Ozų; G8 - Fluvio-glacialinių deltų;
- G9 - Fluvio-glacialinių deltų, perdengtų moreniniu priemoliu;
- G10 - Tarp-gūbrinių zandrų; G11 - Lyguminių zandrų;
- G12 - Fluvio-glacialinių terasų;
- G13 - Priekrantinių jūrinių ir limnoglacialinių nuogulų;
- G14 - Aliuvio; G15 - Kontinentinių kopų; G16 - Jūros dugno.

63 pav. Smėlio ir žvyro bei smėlio įvairios genezės telkinių detalios išvalgytų išteklių kiekio santykio diagramos.

dydžiai. Didžiausios rupios medžiagos sandėkos surastos ledyninių liežuvių ar plaštakų kampiniuose masyvuose marginalinėje aukštumoje (Rokiškio r. – Sniegiai-Šemetai – 17,6 mln. m³, Trakų r. – Margis I – 13,7 mln. m³, Kaišiadorių r. – Mūro Strėvininkai – 8,54 mln. m³, Trakėnai (Kalvarijos savivaldybėje) – 7,6 mln. m³). Formuojantis salų tipo aukštumoms, tirpsmo vandenų drenažas buvo nepakankamas ir moreninė medžiaga mažiau persiformavo, todėl Žemaičių aukštumoje šios genezės dideli žvyro ar smėlio telkiniai nesusidarė. Kraštinių fluvioglacialinių nuogulų gūbriai formavosi ties kontinentinio ledyno pakraščiu. Tai sluoksniuotos arba chaotiškos žvyro, smėlio, riedulių, rečiau moreninio priemolio lęšių sandėkos, kartais reljefe sudarančios pailgų kalvų grandines (61 pav.).

Šios genezės telkinių grupėje vyrauja žvyras. Kraštinių fluvioglacialinių gūbrių nuoguloms būdingi ne tik plačiai aptinkami dideli magminių uolienu rieduliai, bet ir atskiri stori neišrūšiuoto, nesluoksniuoto žvyro, praturtinto rieduliais, sluoksniai, kurių medžiaga dėl didesnio molingų-aleuritingų dalelių kiekio dažniausiai būna silpnai sucementuota (žr. Юргайтис, Юозапавичюс, 1979; Юозапавичюс ir kt., 1981; Юргайтис ir kt., 1982). Sustumtiniuose kraštiniuose gūbriuose visada gausu įvairių glacioidislokacijų (61 pav.). Beveik nėra nė vieno šios genezės telkinio, kuriame nebūtų aptikti moreninio priemolio lęšiai ar atskiri sluoksniai. Didelė ir nedėsninga įvairios granuliometrinės sudėties sluoksnių kaita apsunkina tiek didesnių telkinių suradimą, tiek jų eksploataciją.

Kraštinių fluvioglacialinių nuogulų žvyro ir smėlio karjerai yra giliausi Lietuvoje. Jie aptinkami kalvynuose, todėl netgi ir dideliame gylyje klotas yra sausas. Trakėnų karjere apie 25 m gylyje pasiekus dugną, buvo atlikta papildoma žvalgyba į gylį (38–41 m) iki giliau buvusio reljefo, tačiau smėlio ir žvyro sluoksnių dugnas nebuvo pasiektas (64 pav.). Graužinių karjere



64 pav. Eksploatuojamo Trakėnų karjero vaizdas (UAB „GJ Magma“ archyvas).

(Vilkaviškio r.) suprojektuoto nusileidimo kelio iki jo dugno altitudžių skirtumas sudaro 61 metrą. Tai – išskirtiniai nuogulų storiai.

Didelėje Lietuvos teritorijos dalyje (apie 8,8 tūkst. km²) paplitusi pagrindinė morena, iš kurios išnyra spindulinių ozų gūbriai (62 pav.). Tai moreninėse lygumose piečiau Šiaurės Lietuvos fazės galinių morenų lanko (Linkuvos gūbrio) ir Žiemgalos lygumoje esantys plotai. Šie gūbriai yra reti, vingiuoti, dažniausiai siauri. Juose išžvalgytų smėlio ir žvyro išteklių kiekis nereikšmingas.

Žemės gelmių registre yra apskaitoma 17,1 mln. m³ (1,7 %) žvyro ir šiek tiek mažiau nei 8 mln. m³ (5,1 %) smėlio išteklių (63 pav.). Šioje teritorijoje žemės gelmių įsotinimas smėlio ir žvyro ištekliais pats mažiausias – vos 2,8 tūkst. m³/km². Įdomus faktas, kad spindulinių ozų gūbriai nėra aukšti. Tačiau apatinė ozo dalis yra užpildžiusi ledyno tirpsmo vandens išplautą įrėžį supančiuose sluoksniuose, kai šie srautai dar tekėjo ledo plyšyje, todėl stambus žvyras aptinkamas giliau gūbrio papėdės. Telkiniai yra linijinės formos, nedidelio ploto ir tūrio. Naudingojo klodo storis kiek didesnis nei 6 m.

Ozų skersiniuose pjūviuose dažniausiai aptinkamas stambus, kryžmiškas sluoksniuotumas (žr. Юпрайтис ir kt., 1982). Įstrižų sluoksnelių polinkio kryptys gerai sutampa su šių reljefo formų tąsa, o dideli polinkio kampai liudija stiprius srautus (žr. Юозапавичюс ir kt., 1981). Atskiri sluoksniai greitai išsipleišėjo skersiniuose ozų pjūviuose, tačiau neblogai išsilaikė išilgai jo.

Ryškius plotus Lietuvos teritorijoje (apie 4,5 tūkst. km²) užima fliuvioglacialinės deltos (62 pav.). Šioje genetinėje telkinių grupėje smėlio ir žvyro klodai aptinkami ištisai visame plote, ne taip kaip kraštinių fliuvioglacialinių darinių, vidinio ledo ar moreninių lygumų zonose, kur aptinkami pavieniai telkiniai. Fliuvioglacialinėse deltose detalčiai išžvalgyta 124,1 mln. m³ smėlio ir žvyro bei 33,5 mln. m³ smėlio išteklių (63 pav.). Tai sudaro 13,3 % visų žemės gelmių registre užregistruotų smėlio ir žvyro išteklių.

Ištisinis fliuvioglacialinių deltų plotų užpildymas smėliu ir žvyru lėmė tai, kad detalčiai ir parengtiniai išžvalgytų telkinių tankis piečiau Gargždų, į rytus nuo Panevėžio link Kupiškio, šiauriau Šventosios ir Neries upių santakos Jonavos rajone yra labai didelis (8, 9 pav.). Čia telkinių dydžius lemia ne geologinės sąlygos, o ūkio subjektų gebėjimas panaudoti privačius žemės sklypus telkinių žvalgybai.

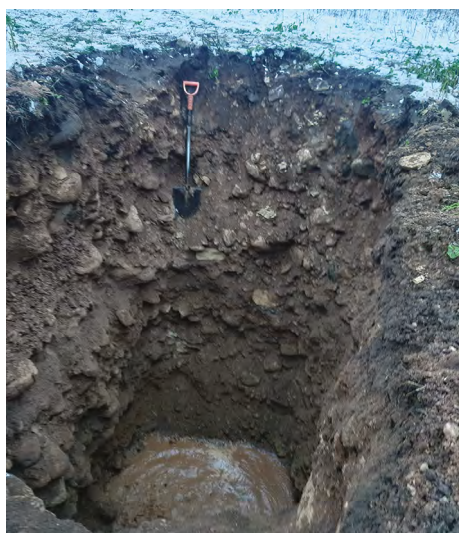
Telkinių išsidėstymas fliuvioglacialinių deltų laukuose ir jų kokybė priklauso nuo sedimentacijos baseinų ypatumų. Visiems jiems bendra yra tai, kad stambių nuolaužų medžiaga klostydavosi, kai srautai įtekėdavo į stovinčio vandens telkinį arba sumažėdavo jo greitis aukštumų pašlaitėse. Ypač tai būdinga fliuvioglacialinėms deltoms Žemaičių aukštumos papėdėje.

Kiek kitaip žvyro telkiniai yra išsidėstę Šiaurės Lietuvos fluvio-glacialinių deltų nuogulose. Įvairių upių (Lėvens, Pyvesos, Apaščios, Nemunėlio) baseinuose telkinių paplitimas susijęs su buvusio prieledyninio ežero lygiu. Visi telkiniai, nepriklausomai nuo geomorfologinės padėties (esantys slėnyje arba už jo ribų), slūgso 65–70 m aukštyje virš jūros lygio. Čia, ypač senslėnių ribose, išplitusios neišsivysčiusios fluvio-glacialinės deltos, kurių didesnė pjūvio dalis sudaryta beveik vien iš galvos dydžio blogai apzulinėtų vietos dolomito riedulių, išnirusių iš ledyno (65 pav.). Tokiuose menkai išplautuose sluoksniuose taip pat gausu smulkiųjų dalelių bei molio.

Kitokios sudėties fluvio-glacialinių deltų nuogulos išplitusios Šimonių girios prieledyniniame baseine. Daugiausia žvyro telkinių rasta šiaurės rytinėje jo dalyje. Pietvakarių kryptimi medžiaga smulkėja, ji geriau surūšiuota, žvyro klodai sudaro tik apatinę klodo dalį. Matyt, nuotrupinė medžiaga atnešta daugiausia Jaros upės senslėniu. Ledyno tirpsmo vandens deltose išžvalgyti daugiausiai geros kokybės nemolingo žvyro ir smėlio telkiniai.

Keimų masyvai Lietuvos teritorijoje sudaro apie 3,2 tūkst. km² (62 pav.). Jie apima beveik pusę Žemaičių aukštumos. Baltijos aukštumose didesni plotai aptinkami Zarasų, Utenos, Molėtų, Alytaus rajonuose ir Kalvarijos savivaldybėje. Keimų išplitimo plotuose žemės gelmių įsotinimas smėlio ir žvyro ištekiais sudaro 58 tūkst. m³/km². Tai gerokai daugiau nei anksčiau aprašytos kilmės nuogulose. Keimų zonose detalai išžvalgyta 171,4 mln. m³ žvyro ir smėlio (17 %) ir 12 mln. m³ smėlio (7 %) išteklių.

Keimų tipo nuogulose vyrauja žvyro, žvirgždingo smėlio, smėlio horizontalus ar gaubiantis kalvas sluoksniuotumas, dažnai su sluoksnių įdubimais ties kalvos centru bei įvairios amplitudės sprūdžiais (žr. Юпрайтис

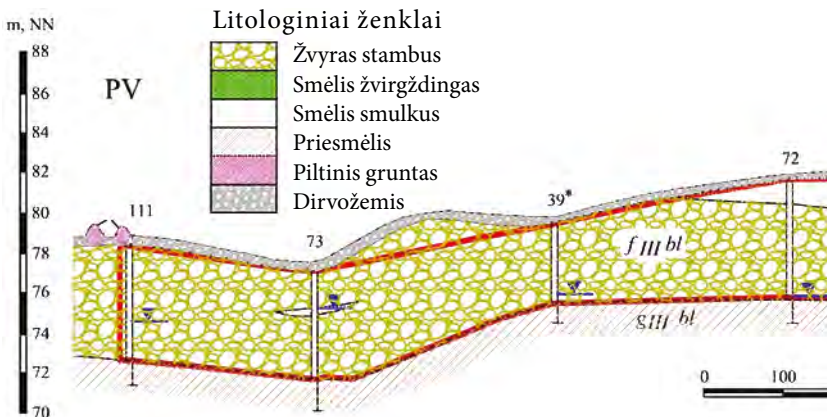


65 pav. Neišsivysčiusios fluvio-glacialinės deltos sluoksnis Šaukliškių telkinyje (Kupiškio r.).
G. Juozapavičiaus nuotr.

ir kt., 1982). Įkypai sluoksniuoti sluoksniai darniai gula vienas ant kito, o tai rodo pastovią deltinio tipo sedimentaciją. Įstrižų sluoksnelių polinkio kryptys dėl medžiagos prinešimo nuo aplink duburį buvusių ledyno šlaitų labiausiai išblaškytos, o jų polinkio kampai – mažiausi tarp visų kvarterio birių nuogulų (žr. Юозапавичюс ir kt., 1981). Atskiri net ploniausi sluoksniai gerai išsilaikę lateralėje, bet dažna jų kaita vertikaliame pjūvyje. Didelėse keiminėse kalvose atsekamas pulsacinis kryptingas medžiagos stambėjimas aukštyne, tačiau ypač didelių riedulių nepasitaiko. Žvyre – didesnis smulkaus smėlio dalelių kiekis. Pagal mineralų diferenciacijos lygį keimų nuogulos yra prasčiausiai performuotos ir išrūšiuotos, tačiau žvyruvi būdinga pastoviausia granulimetrinė sudėtis, ypač 20–0,315 mm dydžio grūdelių (žr. Юргайтис, Юозапавичюс, 1979).

Žvyro ir smėlio telkiniai keimų zonose susiję su vidutiniu kiekvienos aukštumos hipsometrinium lygiu. Jų dydis priklauso nuo kalvos matmenų, todėl šios kilmės telkiniai nėra dideli, išskyrus keiminių masyvų zonas, kuriose ir tarpukalvės yra užpildytos smėliu bei žvyru. Tokios zonos yra į pietvakarius nuo Daugų (Bogušiškių telkinių zona apie 155 ha su 13,5 mln. m³ išteklių), pietinėje Zarasų rajono dalyje (Rūsteikių telkinių zona apie 110 ha su 11 mln. m³ išteklių). Šios zonos yra svarbios išteklių gavybai.

Pirmą vietą pagal detaliai išžvalgytų išteklių kiekį (202,3 mln. m³ smėlio ir žvyro (20 %) ir 19,9 mln. m³ smėlio (12 %) užima fliuvioglacialinėse terasose detaliai išžvalgyti telkiniai (63 pav.). Šios genezės nuogulos Lietuvos teritorijoje išplitusios nelabai dideliame plote – apie 2,6 tūkst. km², todėl tokios kilmės plotų įsotinimas detaliai išžvalgytais smėlio ir žvyro ištekliais yra vienas iš didžiausių – 84,4 tūkst. m³/km² (62 pav.). Tai vienos iš perspektyviausių zonų ieškant statybinių užpildų telkinių. Telkinių ištekliai

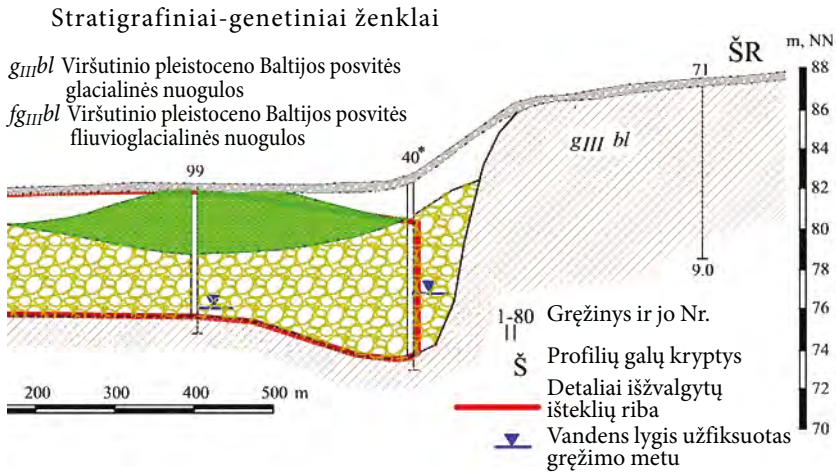


tiesiogiai priklauso nuo fliuvioglacialinio senslėnio dydžio. Dubysos, Dangės, Nevėžio senslėnių fliuvioglacialinėse terasose išžvalgytų telkinių išteklių sudaro 570–600 tūkst. m³, o Pietryčių Lietuvos ar Šventosios upės lateralinuose senslėniuose – 20–40 mln. m³.

Šiose nuogulose itin paplitęs vidutiniškai rupus smėlis, tinkantis silikatiniams dirbiniams, statybiniais skiediniams, kartais – moliui liesinti. Stambių nuolaužų medžiaga dažniausiai susikaupė senslėnių susiaurėjimuose, susidariusiuose prasiveržus ledyno tirpsmo vandeniui pro moreninius arba fliuvioglacialinius gūbrius, bei ties staigiais paleosrauto posūkiais: Gariūnų, Pagirių-Kaišialakių, Merešlėnų, Papiškių telkiniai Vilniuje ir Vilniaus rajone, Rizgonių, Santakos telkiniai Jonavos rajone.

Fliuvioglacialinių terasų nuoguloms būdingas labai stambių lešiu įstrižas sluoksniuotumas (žr. Юргайтис ir kt., 1982). Vidutinio ir smulkaus smėlio frakcijose kvarco yra 5–10 % daugiau negu kitokios genezės fliuvioglacialiniame smėlyje. Tai geriausia mineralų diferenciacija pagal jų dydžius ir fizines savybes tarp visų fliuvioglacialinės kilmės nuogulų (žr. Юргайтис, Юозапавичюс, 1979). Telkiniuose litologinių atmainų sluoksniai – stambūs, užpildantys didelius tūrius. Žvyro klodai dažniausiai slūgso apatinėje fliuvioglacialinės storumės dalyje (66 pav.). Tai liudija, kad pradinėje senslėnio formavimosi stadijoje vandens srautai buvo galingesni. Telkinių paviršius – plokščia lyguma.

Atsižvelgiant į kvartero storumės susidarymo specifiką, perspektyviausi žvyro ir smėlio telkiniai formuoti yra prieledyniniai lyguminiai zandrai. Šių nuogulų plotai Lietuvoje nedideli – apie 2,2 tūkst. km² (62 pav.). Tačiau smėlio ir žvyro išteklių yra išžvalgyta itin daug – 201,8 mln. m³ (20 % Žemės gelmių registre apskaitomų išteklių) (63 pav.). Žemės gelmių įsoti-



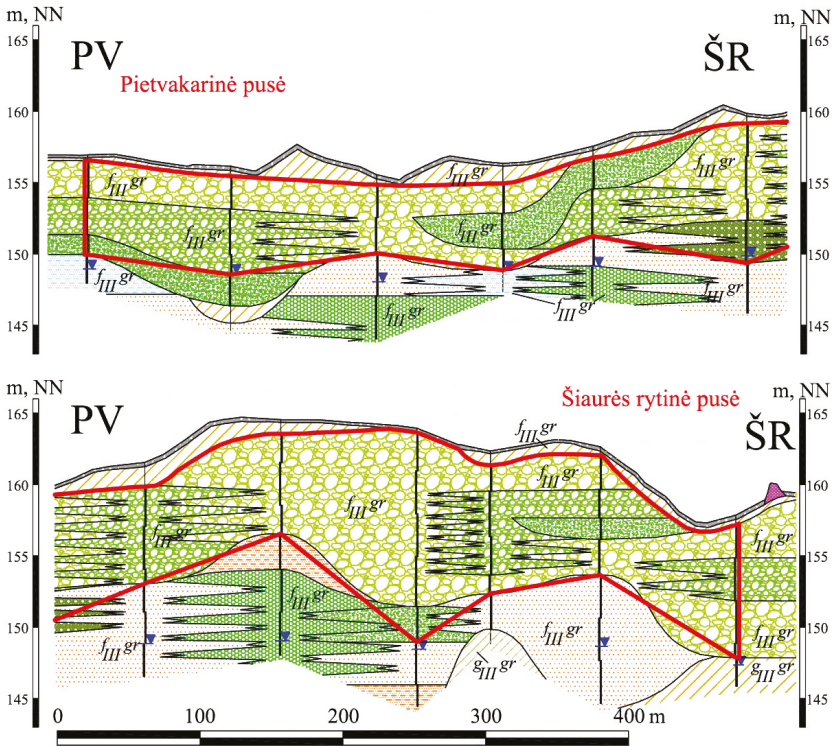
66 pav. (tęsinys).

nimo lygis šios kilmės nuogulomis yra gausiausias – 92,1 tūkst. m³/km². Telkinių dydžiai ir jų sudėtis priklauso nuo fliuvioglacialinių nuogulų kaupimosi trukmės. Vidurio Lietuvoje, kur zandrai formavosi, kai ledyno pakraštys stabilizavosi ties Vidurio Lietuvos galinių morenų ruožu, procesas buvo trumpas. Jo metu sukloti santykinai ploni 3,5–5,5 m storio klodai. Detaliam išžvalgytų telkinių išteklių kinta nuo 61 tūkst. m³ iki 1 420 tūkst. m³ (vidutiniškai sudaro apie 0,5 mln. m³).

Visiškai kita situacija buvo, kai ilgą laiką ledynas buvo įstrigęs Baltijos aukštumų ruože, o į pietryčius nuo Trakų plytėjo limnoglacialinio smėlio ankstesnės apledėjimo stadijos palikta lyguma. Čia, piečiau Vilniaus miesto, Trakų ir iš dalies Varėnos rajonuose buvo sukloti itin stori smėlio ir žvyro klodai. Kuo arčiau buvusio ledyno pakraščio, tuo gausiau žvyro, jis stambesnis ir klodai storesni. Šioje zonoje naudingojo žvyro ir smėlio klando vidutinis storis telkiniuose kartais viršija 20 m (vidutiniškai 12,7 m). Todėl žemės gelmių įsotinimas detaliam išžvalgytais smėlio ir žvyro ištekliams pasiekia 284 tūkst. m³/km². Reikšmingiausi smėlio ir žvyro telkiniai, detaliam išžvalgyti lyguminių zandrų nuogulose, yra Trakų rajone – Aleksandriškių (45,3 mln. m³), Ropėjos (22,4 mln. m³), Šventininkų (16 mln. m³) ir Vilniaus rajone – Dobvolės (18,3 mln. m³). Trakų rajone Serapiniškių ir Serapiniškių II telkiniuose išteklių kiekis kartu su jau iškastais nuo 1970 m. sudaro 41,9 mln. m³. Tai itin dideli kiekiai.

Zandruose arčiau buvusio ledyno pakraščio kaupiasi stambesnė ir molingesnė medžiaga. Tolstant nuo jo nuogulos smulkėja, žvyro klotas plonėja, virsta žvirgždingu smėliu, o dar toliau – įvairaus rupumo smėliu. Ta pačia kryptimi gerėja nuogulų rūšiuotumas, mažėja molio dalelių priemaišų. Zandro sluoksnių pradinėje formavimosi stadijoje, kol dar ledas tirpo neintensyviai, klostėsi smėlio sluoksniai. Klimatui šylant, ledas tirpo sparčiau, vandens srautai stiprėjo, todėl viršutinėje zandro nuogulų storumės dalyje kaupėsi rudesnės žvyro nuogulos, o smėlio dalelės buvo nunešamos toliau. Tokia yra bendra tendencija, tačiau dėl nepastovios ledyno tirpsmo vandens srautų dinamikos ir klaidžiojančių po prieledyninę lygumą tėkmių šių sluoksnių sudėties kaita yra nenuspėjama (67 pav.). Zandrinės sedimentacijos sąlygomis susidarė banguotas, vietomis su įdubusiais kloniais lyguminio zandro reljefas.

Šioms nuoguloms giminingi tarpgūbriniai zandrai užima kiek mažesnę plotą – apie 1,5 tūkst. km² (62 pav.), tačiau juose detaliam išžvalgyta kur kas mažiau smėlio ir žvyro bei smėlio išteklių (63 pav.). Priežastys yra kelios: naudingojo klando kaita gerokai didesnė, teritorijos nutolusios nuo žaliavos naudojimo zonų, ir, svarbiausia, kad šiose vietovėse yra gražūs kalvoti ir banguoti, miškingi ir ežeringi Lietuvos kraštovaizdžiai. Ši situacija nepasikeis, todėl naujų naudojamų telkinių šiose vietovėse neatsiras.



Stratigrafiniai-genetiniai ženklai

- g_{III}^{gr} Viršutinio pleistoceno Grūdų posvėtės glacialinės nuogulos
- f_{III}^{gr} Viršutinio pleistoceno Grūdų posvėtės fluvio-glacialinės nuogulos

Sutartiniai ženklai

- Detaliai išžvalgytų išteklių riba
- ▼ Vandens lygis užfiksuotas gręžimo metu
- ⊥ Gręžinys
- PV Profilio kryptis

Litologiniai ženklai

<ul style="list-style-type: none"> Žvyras stambus Žvyras smulkus Smėlis žvirgždingas Smėlis itin stambus 	<ul style="list-style-type: none"> Smėlis vidutinis Smėlis vidutinis, turintis nedaug molingų-aleuritingų dalelių Smėlis smulkus Smėlis smulkus, turintis nedaug molingų-aleuritingų dalelių 	<ul style="list-style-type: none"> Smėlis smulkus, molingas-aleuritingas Priesmėlis Priemolis Dirvožemis
--	--	--

67 pav. Lyguminių zandro nuogulų skersinis pjūvis Serapiniškių II smėlio ir žvyro telkinyje.

Nemažai smėlio ir žvyro detalai išžvalgytų telkinių yra upių slėnių aliuvinėse terasose. Šiuo metu Žemės gelmių registre apskaitoma 72,2 mln. m³ šios rūšies išteklių, ir tai sudaro 7 % (63 pav.). Tačiau gryno smėlio telkiniai aliuvinėse terasose – reti. Bendras detalai išžvalgytų smėlio išteklių kiekis 1,3 mln. m³, ir tai sudaro tik 0,8 % viso detalai išžvalgyto Lietuvos smėlio.

Reikšmingesnis yra stambių upių Nemuno ir Neries aliuvis, ypač Neries žemiau santakos su Šventosios upe iki pat Nemuno. Mažesnis upės – Venta, Minija, Jūra, Virvytė, Dubysa, Šventoji – nesuformavo plačių terasų, todėl ir telkiniai smulkesni. Išimtį sudaro Dubysos žemupys apie Ariogalą ir Minijos slėnis, perskrodes Žemaičių aukštumos kalvynus šiek tiek aukščiau Kartenos ir žemiau jos iki Gargždų. Čia pagilintame Minijos slėnyje sukloti labai stori stambaus žvyro sluoksniai.

Upių slėniuose didesnės smėlio ir žvyro sankaupos susidaro ties staigiais upių vingiais, kur jų plukdomas vanduo veržiasi pro ledynų paliktus moreninius gūbrius su gausia stambių nuolaužų medžiaga arba upė teka išilgai jų. Upės vandenys, platindami slėnį, ardo aukštus krantus, smulkesnes daleles nuplukdo žemyn, o žvyras kaupiasi vagoje. Pažemėjus erozijos bazei, šis aliuvis atsiduria aukštesnės terasos cokolyje. Perklostant moreninę ar fluvio-glacialinę medžiagą, žvyre ir smėlyje padaugėja kvarco bei kristalinių uolienu dalių, nes molingos dalelės išnešamos, o karbonatų – sutrinamos ir ištirpdomos. Dėl šių gamtinių procesų poveikio aliuvinės kilmės žvyro kokybė yra geresnė nei fluvio-glacialinių nuogulų. Dažnai aliuvinės terasos cokolyje aptinkamas riedulių grindinys, susiformavęs intensyvaus upės slėnio įrėžio susidarymo metu.

Kontinentinėse kopose yra detalai išžvalgyta beveik ketvirtadalis visų kvartero smėlio išteklių (63 pav.). Tai feldšpatinis kvarcinis smėlis – beveik be karbonatų grūdelių, o tai padidina jo vertę. Tačiau smėlio panaudojimas priklauso nuo jo granulimetrinės sudėties, kuri paveldėta iš motininių nuogulų. Kazlų Rūdos kontinentinių kopų masyvo smulkus ir itin smulkus smėlis, atsiradęs iš limnoglacialinių nuosėdų, netinka keliamiems tiesi bei statybų reikmėms. Tačiau vidutiniškai rupų Dzūkijos eolinį smėlį galima naudoti daugelyje sričių, netgi ketui lieti. Varėnos rajono Sandrupio smėlio ištekliai sudaro 36,5 mln. m³. Tai pats didžiausias smėlio telkinys Lietuvoje. Eolinės kilmės smėlio telkiniai yra labai pastovios ir vienodos sudėties. Kartais dėl to netgi neišryškėja klogo sluoksniuotumas. Naudingojo klogo storis priklauso nuo kopų aukščio. Sandrupio smėlio telkinys yra apaugęs mišku, todėl paliktas rezervui.

Nedideluose plotuose, išskyrus Vakarų Lietuvą, išplitusios limnoglacialinės ir jūrinės priekrantinės nuogulos, kurios poledynmetyje, pakilus žemės plutai, atsidūrė sausumoje (62 pav.). Tokiame plote yra ir Palangos oro uosto nusileidimo takai. Šios genezės nuosėdose detalai išžvalgyta 27,4 mln. m³ (3 %) smėlio ir žvyro bei 12,3 mln. m³ (8 %) smėlio išteklių.

Didesniuose vandens telkiniuose ryški nuosėdų lateralinė granulimetrinė diferenciacija, todėl išskiriamos genetinės limnoglacialinio smėlio ir žvyro telkinių rūšys (13 lentelė). Šios nuosėdos yra kitokio sluoksniuotumo, sudėties ir sandaros nei ką tik aprašytos. Arčiau kranto ir buvusio pliažo zonoje sukloti sluoksniai yra įstrižai banguoti ir plokščiais

pleištais sluoksnuoti. Palankioje geomorfologinėje aplinkoje klostėsi horizontalių sluoksnių žvyras. Limnoglacialiniuose baseinuose nusėdęs smėlis, skirtingai nei suklotas tekančio vandens, turi pastovų vyraujančių frakcijų kiekį. Šiame smėlyje mažai karbonatų ir kitų uolienu trupinių. Toks smėlis gali būti panaudotas stiklo taros ar cemento gamybai.

Baltijos jūros pakrantėje giliau 20 izobatos ir iki 28 izobatos neseniai buvo detalčiai išžvalgytas Melnragės smėlio ir žvyro telkinys, kuriame ap-
robuota 14,3 mln. m³ smėlio ir žvyro (63 pav.). Bendras naudingojo klando storis kinta nuo 0,3 iki 2,6 m (vidutiniškai 1,7 m). Naudingąjį kloadą sudaro žvirgždingas, smulkus ir itin smulkus labai gerai išrūšiuotas ir išplautas smėlis, nes < 0,063 mm dalelių vidutinis kiekis smėlio paplitimo plote – 3,1 %, o žvyro paplitimo plote – 2,4 %. Žvyras smulkus, rečiau stambus, tačiau stambesnių nei 31,5 mm akmenukų aptikta nedaug.

Kvartero smėlio ir žvyro telkinių kokybę, o kartu pramoninio panaudojimo galimybes lemia genezė ir kloadų susidarymo vieta. Stambiųjų užpildų fizikiniai mechaniniai rodikliai labiausiai priklauso nuo nuolaužų petrografinės sudėties. Ji glaudžiai susijusi su prekvartero nuosėdine storyme, ledyno plaštakų slinkimo kryptimis bei egzracijos ir akumuliacijos zonų pasiskirstymu. Kai žvyro sudėtyje padaugėja kristalinių uolienu nuolaužų, išauga žvirgždo stiprumas, jis ne taip greitai susidėvi, todėl yra geresnės kokybės.

Didesnis kristalinių uolienu kiekis yra nustatytas aukštumose ir didesnių upių slėniuose. Pirmuoju atveju todėl, kad prekvartero nuosėdinės kilmės sluoksniai yra giliai ir nebuvo paveikta paskutinio apledėjimo metu suguldytų kloadų sudėties, o upių slėniuose poledynmetyje buvo intensyviau perplaunama ir pernešama ledyninė medžiaga, todėl silpnesnės padūlėjusios karbonatinės uolienos buvo sutrinamos. Taip išaugo stipresnių kristalinių uolienu dalis.

Karbonatinių uolienu nuolaužos žvyro frakcijose dažniausiai sudaro apie 50–70 %. Šiek tiek mažiau jų yra į pietus nuo Vilniaus, o šiaurinėje Lietuvos dalyje, kur po plona kvartero nuogulų danga slūgso viršutinio devono dolomitas ar permo klintis, karbonatinių uolienu dalis žvirgždo ir gargždo frakcijose padidėja iki 70–80 %. Todėl Šiaurės Lietuvoje dėl išaugusios silpnų uolienu dalies ir didesnio molingumo žvyras yra prastesnis.

Vakarų Lietuvoje palei Nemuną ir pačioje pietinėje šalies teritorijoje žvyro sluoksnuose aptinkama amorfinio SiO₂ (titnago ir opokos). Ši priemaiša žalinga betono gaminiams, todėl turi būti kontroliuojama tiekiant žaliavą iš karjerų betonui gaminti.

PARENGTINIAI IŠŽVALGYTI PREKVARTERO NEMETALINIŲ NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ TELKINIAI

Akmens druska

Akmens druska – cheminės kilmės nuosėdinė uoliena, sudaryta iš halito (NaCl) mineralo kristalų. Dėl priemaišų būna įvairių spalvų. Švari akmens druska yra balta, jos kristalai – bespalviai. Turinti molio priemaišų – pilka, su geležies priemaišomis – rausva (68 pav.). Akmens druskos klode yra nedaug kitų druskų (polihalito, silvino, sulfatų) ir molio. Tai ir kiekvieno žmogaus kasdien su maistu vartojama naudingoji iškasena, ir chemijos pramonės žaliava. Iš jos gaminama soda, natris, chloras, druskos rūgštis.

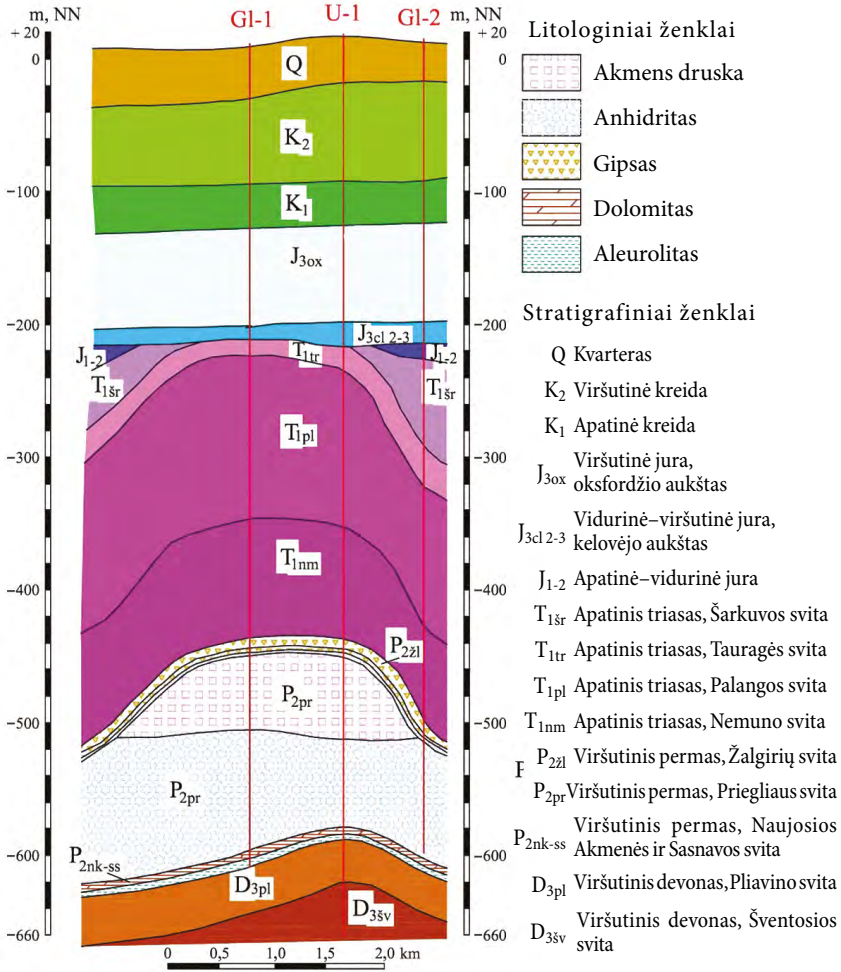
Akmens druskos klodas Lietuvoje susijęs su vėlyvojo permio Priegliaus svitos halogenine formacija. Lietuvos pietvakarinėje dalyje tuo metu tyvuliavo seklios Zechsteino jūros įlankos pakraštys. Jos vandenyse pradžioje sėdo karbonatinis dumblas, vėliau virtęs klinties klodais, ją pakeitė gipsas ir anhidritas. Iš vis druskėjančio vandens (oro ir vandens temperatūra buvo labai aukšta) labiau įdubusiose lagūnos dalyse išsiskristalizavo halitas.

Akmens druskos kupolo pavidalo kūnai yra aptinkami Nemuno žemupio zonoje Vakarų Lietuvoje. Greičiausiai tai yra buvusio ištisinio druskos klodo likučiai (žr. Kadūnas, 2001). Ištisinis akmens druskos klodas atsirado piečiau Kaliningrado ir nusitęsė per Lenkiją iki pat Karpatų ir Tatrų kalnų papėdės. Lietuvoje aptinkami izoliuoti santykinai maži kupolai. Vienas iš jų – Usėnų telkinys – yra parengtiniai išžvalgytas (69 pav.). Jo ištekliai sudaro 258 mln. m³.

Usėnų telkinio akmens druskos klodas yra lėkšto kupolo formos. Jo plotas pagal klodo išnykimo liniją yra 2,5 × 3,0 km (žr. Saulėnas, Gasiūnienė, 1997). Šio kupolo padas yra 515,5–536 m, o skliautas – 459–467 m gylyje.



68 pav. Akmens druskos kristalai Veličkos telkinyje (Lenkija).



69 pav. Usenų akmens druskos telkinio pjūvis (Ar kasime lietuvišką, 1997).

Akmens druskos kldo storis centre siekia 56–69 m. Aslą sudaro 63–90 m storio juostuotojo anhidrito sluoksnis, patikimai apsaugantis tirpią druską nuo giliau slūgsančio vandens, kuris yra viršutinio permo Naujosios Akmenės ir Sasnavos svitų plyšiuotame dolomite (69 pav.). Iš viršaus akmens druskos kupolą apsaugo keli metrai gipso ir daugiau nei 200 m storio triaso periodo molio sluoksniai.

Tokių kupolų susidarymui ir išlikimui galėjo turėti įtakos akmens druskos halokinetinės savybės ir vietiniai tektoniniai procesai santykinai aktyvesnėje Nemuno žemupio zonoje. Halokinezės poveikiu galima paaiškinti išgaubtą triaso ir apatinės jūros sluoksnių struktūrą virš šio druskos kupolo, juolab kad šis procesas halogeninėse formacijose gana plačiai paplitęs (žr. Kadūnas, 2001). Tačiau jeigu šis Usenų telkinys yra

ištisinio akmens druskos klodo reliktas, nutįsęs iš pietų pusės, tuomet triaso ir apatinės jūros sluoksnių išgaubtą struktūrą lėmė šių sluoksnių įdubimas ištirpus druskos klodui (69 pav.).

Akmens druska kaupėsi pakraštiniėje Zechsteino jūros įlankos dalyje, todėl didžioji dalis klodo turi terigeninės molingos medžiagos priemaišų. Usėnų telkinio akmens druską sudaro vidutingrūdis ir stambiagrūdis halitas su anhidrito (0,4–7,9 %, vidutiniškai 4 %), molio (0,4–4,1 %, vidutiniškai 2 %), rečiau gipso ir karbonatų priemaišomis. NaCl kiekis kinta nuo 90,9 iki 98,6 %, vidutiniškai 94,0 % (žr. Saulėnas, Gasiūnienė, 1997). Tik 10 m storio intervalas iš vidurinės kupolo dalies be sodrinimo tinka antros rūšies valgomajai ir gyvulininkystėje naudojamai druskai. Likusią akmens druską būtina sodrinti.

Usėnų telkinio pietinė ir vakarinė dalys patenka į potvyniais užliejamą zoną, todėl reikia į tai atsižvelgti atliekant detalią žvalgybą ir parenkant šachtos kasimo vietą. Pagal Lietuvos geologijos tarnybos pateikiamą informaciją, akmens druskos gavybos sąlygos yra palankesnės Pajūrio, Žvilių ir Gorainių prognoziniuose plotuose, kur galimas akmens druskos kiekis sudaro apie 735 mln. m³. Šie plotai yra aukščiau potvynio zonos, o akmens druska arčiau žemės paviršiaus – 350–380 m gylyje. Tačiau duomenų apie druskos sudėtį nėra.

Gipsas

Šiaurės Lietuvoje (Biržų, Pasvalio rajonuose) negiliai nuo žemės paviršiaus siaura juosta tįso viršutinio devono Tatulos svitos gipsingos uolienos, padengtos vien tik kvartero glacialinėmis nuogulomis. Tatulos svitos pjūvyje išsiskiria du gipsingi pluoštai: apatinis – iki 20 m ir viršutinis – iki 15 m. Šių sluoksnių slūgsojimo sąlygos dėl ledyno egzracijos, žemės plutos judesių ir karstinio proceso poveikio yra sudėtingos.

Parengtiniai yra išžvalgytas Rimkūnų gipso telkinys, esantis greta Pyvesos upės apsaugos zonos išorinės ribos. Jo plotas – 14,76 ha, išteklių kiekis – 1 mln. m³. Gipsas naudingajame klode sudaro 83–93 %, dolomito priemaiša dažniausiai neviršija 10 % (žr. Gasiūnienė, 1998). Klodas yra stipriai paveiktas karstinių reiškinių, todėl tiek šis telkinys, tiek 4,2 mln. m³ gipso, aptikto prognoziniuose Rimkūnų ir Rimkūnų II plotuose, negali tapti tikra žaliavos baze. Gipso klodas yra vandeningas, todėl, norint jį iškasti, būtina siurbliais nusausti karjerą. Tokiu atveju požeminio vandens judėjimo greitis už karjero ribų gerokai išaugtų. Gipso klode gausu išplautų tunelių. Didėnis požeminio vandens judėjimo greitis sukeltų grandininę reakciją – spartėtų gipso tirpinimas ir karstinių procesų paveiktų vietų plėtra. Ir be šio galimo greitesnio proceso karstas vietos gyventojams sukelia daug rūpesčio, netgi nelaimių, kai smegduobės praryja gyvenamuosius pastatus.

PARENGTINIAI IŠŽVALGYTI KVARTERO NEMETALINIŲ NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ TELKINIAI

Gintaras

Gintaras yra rezeninio tipo fosiliniai eoceno laikotarpio pušų sakai, kurie, veikiami dirvos mikroorganizmų, bakterijų, grybų ir kt. bei cheminių procesų, lėmusių deguonies, drėgmės ir organinių bei mineralinių rūgščių kiekį sakų fosilizacijos aplinkoje, ilgainiui virto gintaru (žr. Katinas, 1994a). Pirminiai eoceno laikotarpio gintaro telkiniai, susidarę miškų grunte Fenoskandijoje, buvo sunaikinti ledynų. Išliko tik antrinis gintaro telkinys, susiformavęs upės deltoje, kuri apėmė dabartinio Sembos pusiasalio vakarinę dalį (Katinas, 1994a). Pramoninis gintaro sluoksnis aptinkamas šios paleoupės deltos povandeninėje dalyje. Sluoksnio storis – 7–8 m, išpūdinga gintaro koncentracija – 0,5–3,5 kg/m³. Sembos pusiasalyje yra didžiausias pasaulyje gintaro telkinys, teikiantis rinkai daugiau kaip 90 % šio brangaus mineralo.

Lietuvos teritorijoje, Kuršių marių dugne ir sausumoje Drėvernos–Kintų apylinkėse, aptinkamos tretinės gintaro sankaupos, susidariusios poledynmetyje Litorinos jūros laikotarpiu. Tuo metu Kuršių nerija apėmė salų virtinę, kuri tęsėsi piečiau Nidos, ties Pervalka, Juodkrante ir netoli Alksnynės. Ardydamos stačius Sembos pusiasalio krantus jūros srovės kartu ardė ir gintaringą klodą. Jos transportavo nešmenis, o kartu ir lengvus gintaro gabalus šiaurės kryptimi. Užkliuvusios už minėtų salų srovės nukrypdavo link dabartinių Kuršių marių ir jau susilpnėjusios nusodindavo visus nešmenis. Taip susidarė tretiniai gintaro telkiniai. Juodkrantės gintaro telkinys pramoniniu būdu buvo eksploatuojamas XIX a. antrojoje pusėje. Manoma, kad tuo metu ties Juodkrante buvo iškasta apie 2 250 t gintaro (žr. Valiukevičienė, Gasiūnienė, 1995). Gavyba nutrūko, kai pradėjo veikti gintaro kasykla Sembos pusiasalyje, kasmet patiekdavusi rinkai po 400 t gintaro.

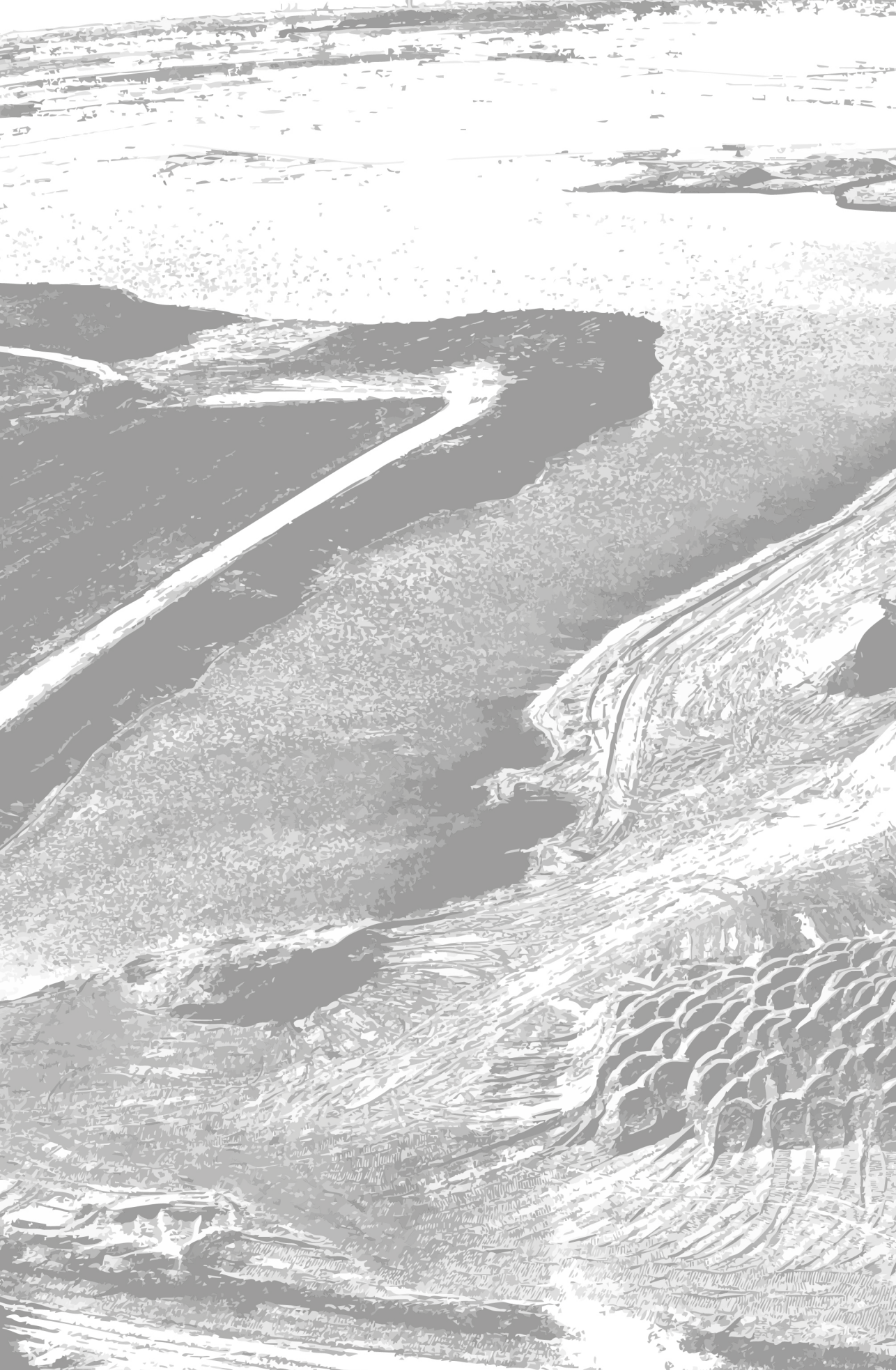
1992–1994 m. Lietuvos geologijos tarnyba atliko specialius Kuršių marių dugno nuosėdų gintaringumo tyrimus. 82 ha plote parengtiniai išžalgytame Juodkrantės telkinyje vidutinė stambesnio nei 5 mm gintaro koncentracija sudaro 81 g/m³, o gintaro išteklių kiekis – 112 t. Marių vandens gylis Juodkrantės telkinio teritorijoje – 0,7–4,5 m (vidutiniškai 2,2 m). Gintaringą sluoksnį dengiančių nuogulų vidutinis storis – 1,8 m, produktyvaus klogo – 1,7 m. Juodkrantės telkinyje gintaro koncentracija yra nuo 6 iki 43 kartų mažesnė nei antriniame Palvininkų gintaro telkinyje Sembos pusiasalyje. Konkurenciniu požiūriu visi rodikliai Juodkrantės telkinio įsisavinimui nėra palankūs. Be to, Kuršių marios yra saugoma

teritorija, kurioje kasybos darbai negalimi. Todėl tiek parengtiniai išžvalgytas Juodkrantės telkinys, tiek dar išskirti 3 prognoziniai gintaro plotai netaps gintaro gavybos šaltiniais.

Literatūra ir šaltiniai

1. Budvietis R., Žvejas J. 1958. Atsiveria žemė. *Švyturys*.
2. Chilingar G. V., Bissel J., Fairbridge R. W. (Ed.). 1967. *Carbonaterocks*. I – Origin, Occurrence and Classification, II – Physical and Chemical Aspects. Elsevier publishing company, p. 186–187 (I), p. 9–99 (II).
3. Ciūnys A., Lazauskienė L. L., Katkevičius L. 1994. *Sapropelis – mūsų lobis*. Vilnius. 29 p.
4. Dalinkevičius J. 1930. Lietuvos molių tyrinėjimai. *Technika*, Nr. 6, p. 121–150.
5. Dartnell L. 2021. *Origins. Kaip žemė mus sukūrė*. Vilnius: Alma littera. 350 p.
6. Gasiūnienė E. V., Kadūnas V. 1995. *Karbonatinių uolienuų telkinių tyrimo ir išteklių klasifikavimo rekomendacijos*. Patvirtinta Lietuvos Valstybinės naudingųjų iškasenų komisijos 1995 m. sausio mėn. 19 d. protokolu Nr. 1 (51). Lietuvos geologijos tarnyba.
7. Gasiūnienė E. V., Kadūnas V. 1997. *Lietuvos klinties išteklių kokybė ir panaudojimas*. Informacinis leidinys. Lietuvos geologijos tarnyba.
8. Gasiūnienė E. V., Kadūnas V. 1997a. Lietuvos viršutinio permio klinties pramoninė charakteristika. *Geologija*, 22, p. 50–55.
9. Gasiūnienė V. E. 1998. *Lietuvos kietosios naudingosios iškasenos*. Lietuvos geologijos tarnyba.
10. Grigelytė M. 1973. Apie durpių rūšių kaupimąsi holocene. *Geografinis metraštis*, t. 12, p. 99–108.
11. Juozapavičius G. 1994a. Molis. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Geologijos institutas, Mokslo ir enciklopedijų leidykla, p. 270–277.
12. Juozapavičius G. 1994. Žvyras ir smėlis. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Geologijos institutas, Mokslo ir enciklopedijų leidykla, p. 277–290.
13. Juozapavičius G., Salamakinis V. 2013. *Pakruojo rajono Margių dolomito telkinio detalios žvalgybos ataskaita*. Lietuvos geologijos tarnybos Geologijos fondas. Telkinio kodas 3907.
14. Juozapavičius G., Juozapavičius J., Armanavičius A., Kuzavinis M., Vainilaitis L., Grecius E. 2008. *Trakų ir Varėnos rajonų Naujienu durpių telkinio papildomos žvalgybos ataskaita*. Lietuvos geologijos tarnybos Geologijos fondas. Telkinio kodas 540.
15. Juozapavičius G., Armanavičius A. 2008. *Joniškio rajono Skaistgirio dolomito telkinio naudojimo (kasybos ir reaktivavimo) projektas*. Lietuvos geologijos tarnybos Geologijos fondas. Telkinio kodas 1897.
16. Kadūnas V. 2001. *Lietuvos permio halogeninė formacija (litologija, geochemija, naudingosios iškasenos)*. SL 786. Geologijos institutas.
17. Kadūnas V. 1994. Kreida, kreidos mergelis. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Geologijos institutas, Mokslo ir enciklopedijų leidykla.
18. Kadūnas V. 1994. Gėlavandenė klintis. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Geologijos institutas, Mokslo ir enciklopedijų leidykla, p. 327–329.
19. Katinas V. 1994a. Gintaras. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Geologijos institutas, Mokslo ir enciklopedijų leidykla, p. 332–334.
20. Katinas V. 1994. Opoka. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Geologijos institutas, Mokslo ir enciklopedijų leidykla, p. 269.

21. Kaveckis M. 1931. 1928 metų geologinis rekognosciravimas Lietuvos šiaurės rytų rajone, pagrindinių kreidos sluoksnių Jurbarko rajone galutinis išaiškinimas ir Klaipėdos-Palangos rajone gintaringų sluoksnių ieškojimas. *Vytauto Didžiojo universiteto matematikos-gamtos fakulteto darbai*, t. 5, sąs. 2, p. 413–459.
22. *Lietuvos durpynų kadastras*. 1995. Trys tomai. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos ministerija.
23. Linčius A. 1994. Dūrpės. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Geologijos institutas, Mokslo ir enciklopedijų leidykla, p. 290–296.
24. LR Akcizų įstatymo 3 priedas. 2024 m. birželio 20 d. Nr. XIV-2770
25. Mačiekus P. V. 2014, 2018. Valstybės turtas. *Visuotinė lietuvių enciklopedija*. <https://www.vle.lt>
26. Mikaila V. 1966. Lietuvos TSR triasinių ir jurinių molių geologija ir litologinė charakteristika. *Pietų Pabaltijo litologija ir naudingųjų iškasenų geologija*. Vilnius: Mintis, p. 11–125.
27. Nacionalinis kraštovaizdžio tvarkymo planas, patvirtintas aplinkos ministro 2015 m. spalio 2 d. įsakymu Nr. D1-703.
28. Narbutas V. 1994. Dolomitas. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Geologijos institutas, Mokslo ir enciklopedijų leidykla, p. 254–262.
29. Satkūnas J., Januška V. A. 2014. *Žemės gelmių išteklių, jų gavybą sąlygojantys veiksniai ir jų sąveikos tobulinimas: naudingųjų iškasenų gavybos strategija*. Lietuvos geologijos tarnyba.
30. Stankevičius V. 1997. *Juros amžiais kvarcinio smėlio paieška Akmenės rajone*. Lietuvos geologijos tarnyba. Geologijos fondas, Nr. 4573.
31. Straume J., Brangulis A., Prols J. 1997. *Latvijas zemes dzilu resursi*. Riga: Valsts geologijas dienests. 34 p.
32. Saulėnas V., Gasiūnienė V. E. 1997. *Ar kasime lietuvišką druską?* Informacinis leidinys. Lietuvos geologijos tarnyba. 12 p.
33. Valiukevičienė O., Gasiūnienė V. E. 1995. *Ar Lietuva gintaro šalis?* Informacinis leidinys. Lietuvos geologijos tarnyba. 11 p.
34. Гарункштис А., Сейбутис А., Ярошюте Ю. 1964. *Сапропелевые месторождения СССР*. Москва, с. 267–268.
35. Юргайтис А. А., Микалаускас А. П., Юозапавичюс Г. А. 1982. *Слоистые текстуры флювиогляциальных отложений Прибалтики*. Вильнюс. 51 с.
36. Юозапавичюс Г. А., Юргайтис А. А., Зимкуте Ю. А. 1981. *Опыт изучения слоистости флювиогляциальных и аллювиальных отложений для определения их генезиса*. Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. No 51. Москва, с. 142–148.
37. Юргайтис А. А., Юозапавичюс Г. А. 1979. *Литологические критерии определения генезиса четвертичных песчаных и песчано-гравийных отложений*. *Литология и полезные ископаемые*, No 5. Москва, с. 142–146.



3. Požeminis vanduo

KAS TAI IR KODĖL SVARBU

POŽEMINIO VANDENS TYRIMŲ AKTUALUMAS

Požeminis vanduo – nematomas, bet itin svarbus gamtos turtas. Kadangi tai yra pagrindinis geriamojo vandens šaltinis Lietuvoje, jo tyrimai padeda mums suprasti, kiek vandens turime, kokios jis kokybės ir ar jam negresia tarša. Dabartiniu metu požeminio vandens tyrimai ir stebėseną tampa dar svarbesni, nes keičiasi klimatas, daugėja žmonių, išauga ir vandens poreikis. Be to, žmogaus veikla (statybos, žemės ūkis, pramonė) gali paveikti net ir giliai po žeme esantį požeminį vandenį. Norint užtikrinti, kad vandens nepritrūktų ateities kartoms ir jis liktų tinkamas vartoti, būtina nuolat jį stebėti, analizuoti sukauptus duomenis ir vertinti galimas grėsmes.

Lietuvoje informaciją apie požeminį vandenį gauname iš kelių pagrindinių šaltinių:

- 1) požeminio vandens išteklių žvalgymo ir duomenų apibavimo;
- 2) aplinkos geologinių tyrimų;
- 3) pavienių vandens gavybos gręžinių gręžimo;
- 4) žemės gelmių kartografavimo;
- 5) požeminio vandens stebėsenos.

Minėti šaltiniai papildo vienas kitą ir suteikia išsamią informaciją apie požeminio vandens išteklius Lietuvoje, leidžiančią užtikrinti racionalų jų naudojimą bei apsaugą.

Iki Lietuvos nepriklausomybės atkūrimo 1990 m. stambių vandenviečių vietos buvo parenkamos atlikus visą kompleksą specialių paieškos ir žvalgybos darbų. Todėl ieškodami tinkamiausių vietų vandenvietėms hidrogeologai visų pirma išstudijuodavo jau esamą medžiagą apie vandeningųjų sluoksnių ir į juos įrengtų eksploatacinių gręžinių našumą bei jų vandens kokybę. Tik vėliau ieškomaisiais ir žvalgomaisiais gręžiniais surandamos optimalios vietos būsimoms vandenvietėms. Tose vietose buvo gręžiami žvalgomieji eksploataciniai gręžiniai, iš jų pumpuojamas vanduo debitais, artimais būsimai eksploatacijai, nuolat matuojamas vandens

lygis pumpuojamuose ir specialiuose stebimuosiuose gręžiniuose, imami vandens mėginiai įvairiems kokybės tyrimams. Iš šių duomenų būdavo nustatomi produktyvaus ir gretimų sluoksnių pagrindiniai hidrogeologiniai parametrai, o tada analitiniais bei modeliavimo metodais apskaičiuojami šių sluoksnių požeminio vandens eksploataciniai išteklių vandenvietėse. Po nepriklausomybės atkūrimo požiūris į vandenviečių žvalgymą ir steigimą pasikeitė: vietoj kompleksinių žvalgybos darbų dažniausiai tiesiog išnaudojamos laisvos teritorijos, kur galima įrengti gręžinius.

Požeminio vandens išteklių kuriose vertinami vadovaujantis Požeminio vandens išteklių aprobavimo tvarka. Rimtesni hidrogeologiniai tyrimai atliekami tik tose vandenvietėse, kuriose planuojama išgauti vidutiniškai daugiau nei 100 m³ vandens per parą. Tokiose vandenvietėse turi būti įvertinama požeminio vandens kokybės kaita hidrodinaminio išbandymo metu pagal bendrąją vandens cheminę sudėtį ir toksinius rodiklius, kurie dėl gamtinių sąlygų, žemės naudojimo ar dėl lokals taršos požeminio vandens vandenvietės įtakos zonoje tiesiogiai ar netiesiogiai gali patekti arba jau pateko į vandeningąjį sluoksnį. Pateikiama požeminio vandens kokybės kaitos prognozė, požeminio vandens išteklių esant paprastoms vandeningojo sluoksnio slūgsojimo sąlygoms (sluoksniai slūgso dėsningai, tūris ir filtracinės savybės mažai keičiasi, cheminė požeminio vandens sudėtis – vienoda, nesudėtingas ryšys su paviršinio vandens telkiniu ir upių kontūrais). Tai įvertinama analitiniais skaičiavimo metodais, o esant sudėtingoms ir labai sudėtingoms sąlygoms – matematinio modeliavimo metodais.

Aplinkos geologinių tyrimų metu tiriamas dirvožemis, gilesnieji žemės sluoksniai ir gruntinis vanduo. Tyrimų apimtis, grunto ir požeminio vandens kokybės rodiklius nustato Aplinkos geologinių tyrimų reglamentas.

Pavienių vandens gavybos gręžinių gręžimas. Po Lietuvos nepriklausomybės atkūrimo 1990 m. buvo sudarytos teisinės sąlygos individualiems vartotojams gręžti vandens gręžinius, todėl per pastaruosius tris dešimtmečius jų gręžimo apimtys gerokai išaugo. Šis augimas ne tik patenkino didėjančių individualių vartotojų vandens išteklių poreikį, bet ir prisidėjo prie vertingų duomenų apie požeminio vandens kokybę įvairiose Lietuvos vietose kaupimo. Kasmet išgręžiama po kelis šimtus pavienių vandens gavybos gręžinių, kurių gręžimo metu gauti geologiniai ir hidrogeologiniai duomenys teikiami Lietuvos geologijos tarnybai. Ši informacija tampa svarbiu šaltiniu vertinant požeminio vandens slūgsojimo sąlygas, jo kokybę bei užtikrinant tvarų šių išteklių naudojimą.

Požeminio vandens tyrimai yra glaudžiai susiję su **Žemės gelmių kartografavimu**, kurio metu gaunama svarbi informacija apie požeminio vandens slūgsojimo sąlygas ir jo kokybę. Lietuvoje šią veiklą vykdo Lietuvos

geologijos tarnyba, o požeminio vandens tyrimams ypač reikšmingi trys geologinio kartografavimo tipai: valstybinis, kvartero ir prekvartero. Valstybinis geologinis kartografavimas apima visos šalies teritorijos žemės gelmių žemėlapių sudarymą, padedantį nustatyti požeminio vandens tekėjimo kryptis ir telkinių išsidėstymą. Kvartero geologinis kartografavimas orientuotas į viršutinio žemės sluoksnio nuosėdas, kurios daro tiesioginę įtaką gruntinio vandens kokybei ir jo judėjimui. Prekvartero geologinis kartografavimas leidžia tirti gilesnius vandeningus sluoksnius, kas itin svarbu geriamojo vandens paieškoms bei pramonės reikmėms. Išsamus geologinis kartografavimas užtikrina visapusišką požeminio vandens išteklių pažinimą ir efektyvų jų valdymą.

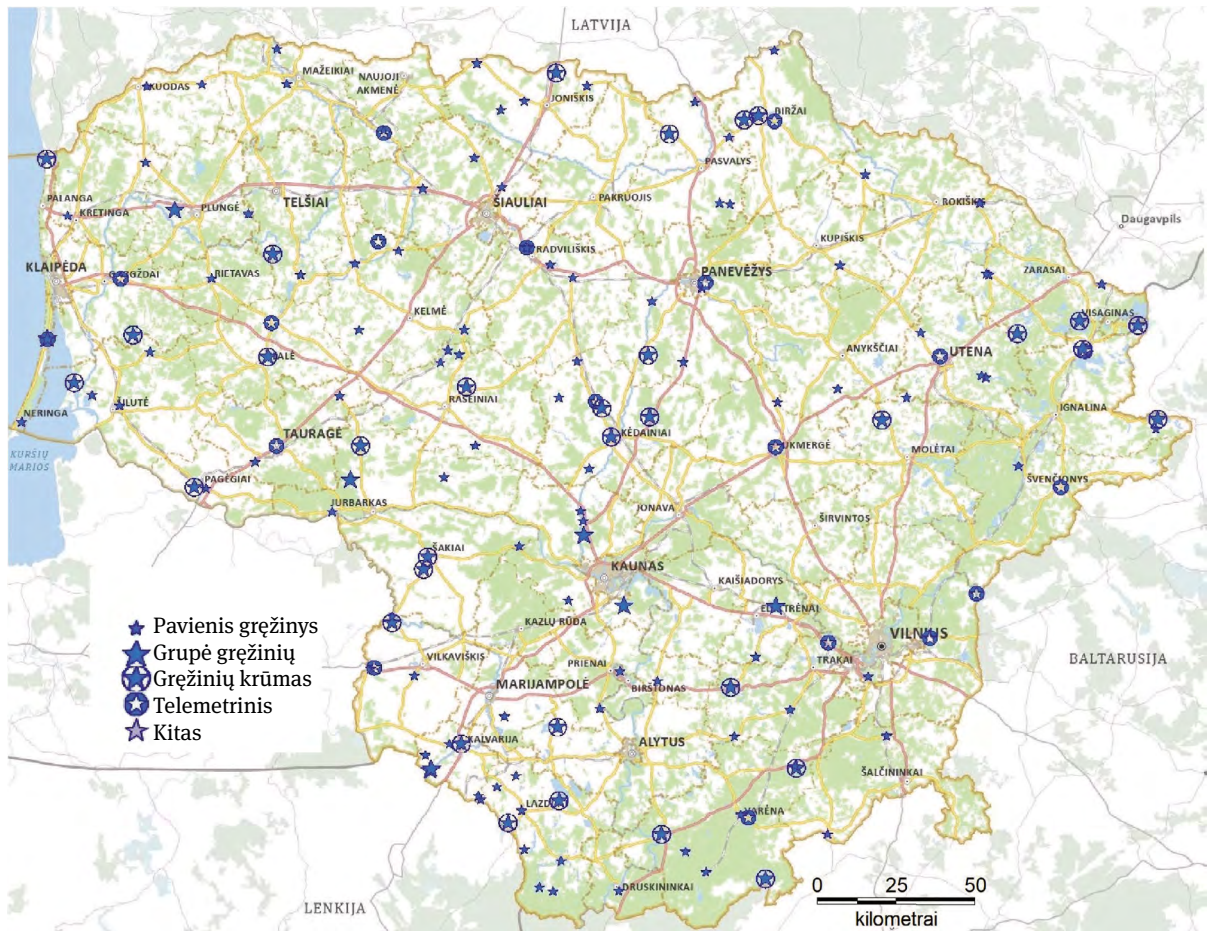
Požeminio vandens stebėseną. Lietuvoje įteisinta ir veikia trijų lygių požeminio vandens stebėsenos sistema: valstybinė, savivaldybių ir ūkio subjektų. Lietuvos geologijos tarnyba vykdo valstybinę požeminio vandens stebėseną ir tvirtina ūkio subjektų stebėsenos programas, vertina gautus rezultatus, teikia siūlymus aplinkosaugos priemonių naudojimui.

Valstybinė požeminio vandens stebėseną skirta nuolatiniam požeminio vandens būklės stebėjimui visoje Lietuvos teritorijoje ir vykdoma pagal Valstybinę aplinkos stebėsenos programą. Pagrindinis šios programos uždavinys – vertinti požeminio vandens išteklių atsinaujinimo šaltinius, požeminio vandens cheminę būklę, kokybės kitimo tendencijas ir jas lemiančius veiksniai.

Požeminio vandens valstybinės stebėsenos tinklas yra sudarytas iš skirtingo tipo postų, išdėstytų visoje Lietuvos teritorijoje, siekiant kuo išsamiau apibūdinti įvairias Lietuvos požeminio vandens formavimosi sąlygas (1 pav.). Dauguma postų turi vieną gręžinį. Gruntiniam vandeniui stebėti gręžiniai yra įrengti specialiai, o spūdinų vandeningųjų sluoksnių stebėjimams daugiausia naudojami nedidelių vandenviečių vandens gavybos gręžiniai.

Siekiant įvertinti žemėnaudos įtaką gruntinio vandens kokybei, pasitelkiamos gręžinių grupės – nedideliame plote vienodomis hidrogeologinėmis sąlygomis, tačiau skirtingose naudmenose įrengti gręžiniai. Grupę įprastai sudaro 2–4 gręžiniai. Daugelis valstybinio monitoringo gręžinių įrengta dirbamose žemėse ir pievose bei ganyklose (atitinkamai 40 ir 31 %), mažiau (16 %) natūralioje gamtinėje aplinkoje ir mažiausiai (12 %) urbanizuotoje aplinkoje.

Visų pagrindinių vandeningųjų sluoksnių, sudarančių gėlo vandens storių, ir jų sąveikos stebėjimams yra skirti **gręžinių krūmai** – skirtingame gylyje į slūgsančius vandeninguosius sluoksnius specialiai įrengti gręžiniai. Krūmą įprastai sudaro 2–4 gręžiniai. Stebėsenos postų tinklas yra tankesnis Lietuvos-Lenkijos pasienyje, kur vykdoma tarpvalstybinė požeminio vandens stebėseną. Valstybinė stebėseną vykdoma pagal



1 pav. Valstybinio monitoringo tinklas (www.lgt.lt).

kasmet tvirtinamą darbų planą. Darbų kompleksą sudaro požeminio vandens lygio ir kokybės stebėjimai. Nuo 2005 m. požeminio vandens lygis yra matuojamas 74 gręžiniuose elektroniniais davikliais kartą per dieną. Dar 20 gręžinių įrengtos telemetrinės lygio stebėjimo sistemos, iš kurių duomenys perduodami tiesiai į duomenų kaupimo sistemą (žr. Kadūnas ir kt., 2018).

Požeminio vandens kokybės ir tam tikrų jos rodiklių grupių stebėjimai vykdomi rotacijos principu: dažniau požeminio vandens mėginiai imami iš gruntinio vandeningojo sluoksnio, kurio sudėtis yra labiau besikeičianti, ir rečiau – iš spūdinių vandeningųjų sluoksnių. Nuo 2016 m., atlikus vandens šaltinių ir versmių inventorizaciją, stebėsenos tinklas papildytas 35 šaltiniais. Tokie specifiniai cheminiai komponentai,

kaip antai organiniai junginiai, pesticidai, metalai, kurių koncentracija požeminiame vandenyje yra labai maža, tiriami kartą per penkerius metus pasirinktinai tuose gręžiniuose, kuriuose tikimybė jų rasti yra didesnė.

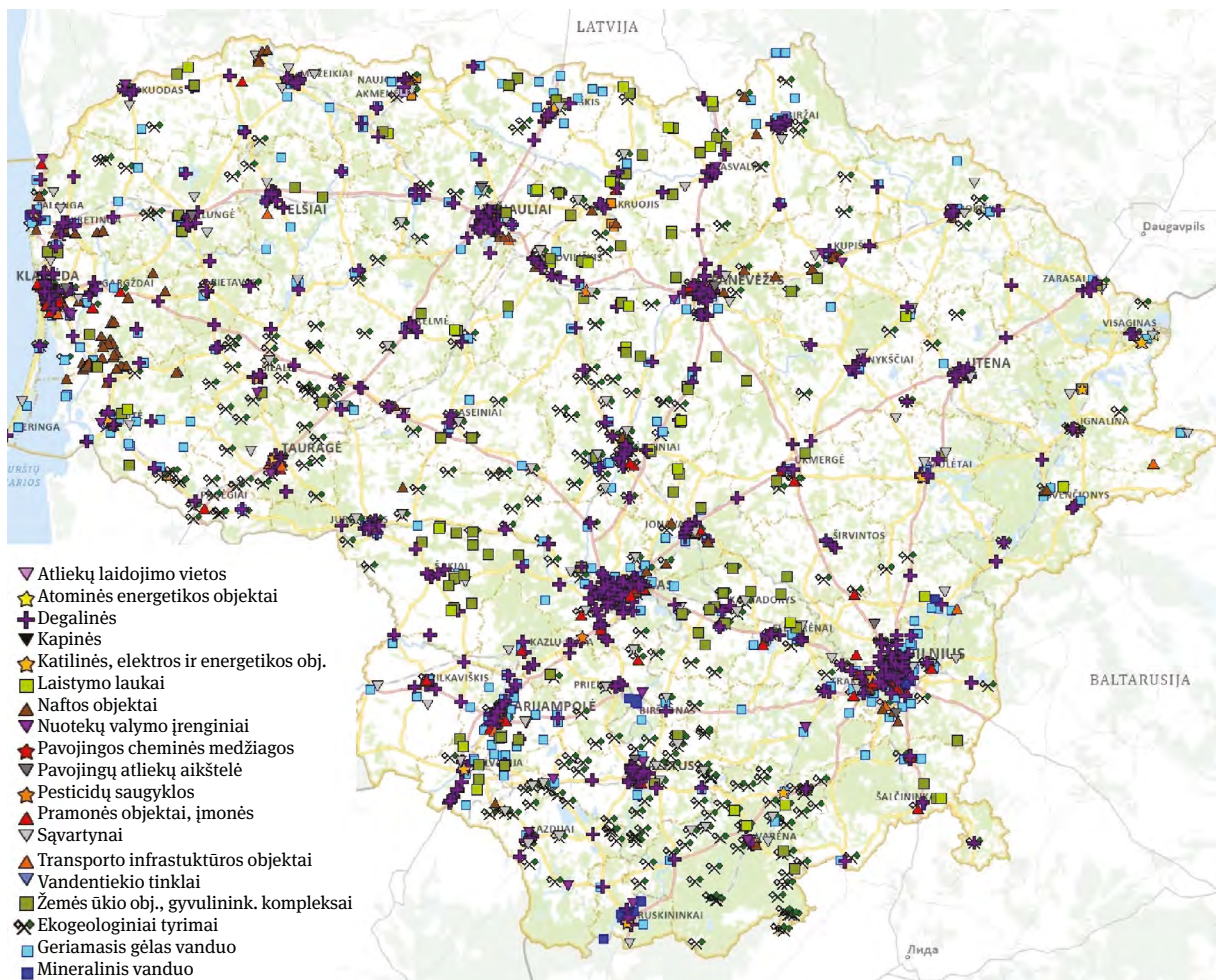
Savivaldybių požeminio vandens stebėseną vykdoma pagal patvirtintus Bendruosius savivaldybių aplinkos stebėsenos nuostatus (joms priskirtose teritorijose) ir skirta gamtinės aplinkos ir jos komponentų (iš jų ir požeminio vandens) būklei, taip pat jų sąveikai stebėti, vertinti antropogeninį poveikį aplinkai ir prognozėms. Vis dėlto savivaldybių, kurios tokį monitoringą vykdo savivaldybės lygmeniu, nėra daug: turimais duomenimis, jų yra ne daugiau kaip dešimt.

Ūkio subjektų stebėseną siekiama nustatyti taršos šaltinių išmetamų teršalų kiekį bei ūkinės veiklos poveikį gamtinei aplinkai ir užtikrinti jų sukeltos taršos ar kito neigiamo poveikio mažinimą. Pagal savo veiklos ir poveikio požeminiam vandeniui pobūdį bei stebėsenos reikalavimus išsiskiria dvi ūkio subjektų grupės – potencialūs teršėjai ir požeminio vandens naudotojai (vandenvietės). Per 1 000 ūkio subjektų turi įrengtą stebėjimo gręžinių tinklą, kuriame vykdomi požeminio vandens cheminės būklės kaitos stebėjimai, kita tiek vykdo paimamo vandens apskaitą (1 pav.). Požeminio vandens stebėseną vykdoma pagal kiekvienam ūkio subjektui 5 metams parengtą individualią programą.

Potencialių žemės gelmių taršos objektų stebėsenos tinkle didžiausią dalį (beveik 55 %) sudaro požeminio vandens stebėseną degalinėse. Dar 36 % monitoringo programų vykdoma tokiuose objektuose, kaip veikiančios regioniniai ir uždaryti sąvartynai, pramonės įmonės, žemės ūkio objektai bei naftos gavybos aikštelės (2 pav.).

Lietuvoje požeminio vandens stebėseną privalo vykdyti gėlo vandens tiekimo vandenvietės, kai išgaunamo ar planuojamo išgauti vandens kiekis (vidutinis metinis vandenvietės debitas) viršija 100 m³ per parą, bei natūralaus ir gydomojo mineralinio vandens vandenvietės (neatsižvelgiant į paimamą vandens kiekį). Nuo 2013 m. gėlo vandens tiekimo vandenvietės, esančios rizikos grupei priskirtuose Suvalkijos, Kėdainių-Dotnuvos, viršutinio devono Stipinų, Joniškio požeminio vandens baseinuose, kai išgaunamo ar planuojamo išgauti vandens kiekis (vidutinis metinis vandenvietės debitas) siekia iki 100 m³ per parą, taip pat turi vykdyti stebėseną. Požeminio vandens stebėseną vykdoma daugiau nei 250 vandenviečių.

Ši skirtingų lygių stebėsenos sistema leidžia sukaupti išsamią informaciją apie pokyčius svarbiausiame geriamojo vandens šaltinyje – požeminiame vandenyje.



2 pav. Ūkio subjektų monitoringo tinklas (www.lgt.lt).

POŽEMINIO VANDENS FORMAVIMASIS

Požeminis vanduo yra bene vienintelė naudingoji iškasena, kuri nuolatos atsinaujina. Lietuvoje gausu požeminio vandens, tačiau reikia žinoti kelis svarbius dalykus apie jo išteklius: kiek vandens yra, kokia jo kokybė, kur ir kiek yra geros kokybės vandens, o kur – prastesnio. Be to, reikia suprasti, kaip tinkamai vertinti ir stebėti požeminio vandens išteklius. Norint atsakyti į šiuos klausimus, pirmiausiai reikia išsiaiškinti, kaip susidaro požeminis vanduo, nes su jo ištekliais yra labai glaudžiai susijusi ir vandens kokybė.

Požeminio vandens formavimosi ir filtracijos procesai

Svarbiausias gėlo požeminio vandens šaltinis yra atmosferos krituliai, tačiau jų kelias iki požeminio vandens telkinių yra gana sudėtingas. Iš pradžių lietaus ar sniego tirpsmo vanduo susigeria į gruntą ir pamažu keliauja gilyn, kol pasiekia požeminio vandens sluoksnius. Dalį šio vandens upės ir ežerai vėl išleidžia į paviršių, kur jis išgaruoja ir grįžta į atmosferą.

Norint tinkamai valdyti išteklius, svarbu žinoti, kiek požeminio vandens turime ir kiek jo galime paimti. Jei paimsime per daug požeminio vandens, sausros metu išdžius upės ir ežerai, nes juos maitina ne tik krituliai, bet ir požeminis vanduo. Todėl, pagal Europos Sąjungos bendrosios vandens politikos direktyvą 2000/60/EC, galima naudoti tik tą požeminio vandens dalį, kuri kasmet atsinaujina ir nekenkia kitų ekosistemų būklei. Tad svarbu žinoti, kokia jos dalis yra Lietuvoje.

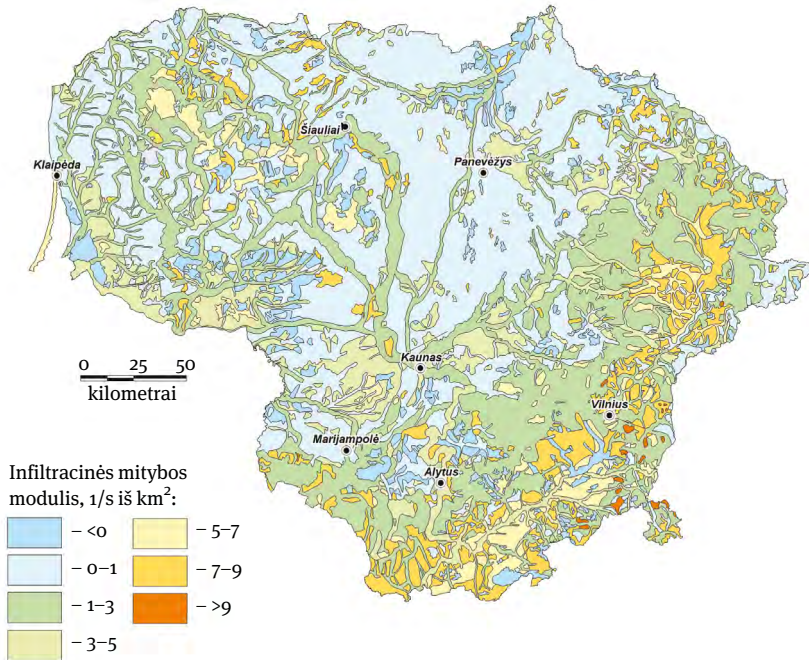
Nustatyta, kad 1993–2012 m. neurbanizuotuose Lietuvos teritorijos plotuose vidutinis kritulių kiekis buvo apie 685 mm per metus (žr. Kadūnas ir kt., 2018). Didžioji jų dalis – apie 67 % – išgaruoja (suminė evapotranspiracija), apie 21 % sudaro nuotėkį žemės paviršiumi ir apie 12 % susigeria į gruntą (požeminio vandens infiltracinė mityba).

Požeminio vandens infiltracinė mityba priklauso nuo kritulių kiekio, oro temperatūros, grunto savybių (poringumo, drėgnumo), gruntinio vandens gylio, taip pat nuo kraštovaizdžio tipo ir šlaito nuolydžio. Karštą vasarą dalis kritulių išgaruoja, dar nepasiekę grunto. Po stipraus lietaus molingose vietose susidaro balos, kurios greičiau išgaruoja, nei susigeria. Net į sausą smėlį patekęs vanduo ne visada prasiskverbia gilyn, ypač esant karštam orui. Jei gruntinis vanduo yra arti paviršiaus, dalis jo taip pat išgaruoja. Jei jis slūgso giliai, tik nedidelė kritulių dalis pasiekia požeminius vandens telkinius. Mažiausia infiltracinė mityba būdinga molingoms, tankioms nuoguloms, kur gruntinis vanduo yra negiliai – iki 1 metro gylio. Gerai drenuotuose smėlynuose (ypač miškuose) infiltracinė mityba yra didžiausia, o garavimas ir nuotėkis – mažiausi. Pelkėse svarbiausi veiksniai yra gruntinio vandens lygis ir pelkės mitybos tipas (aukštapelkė ar žemapelkė).

Visų trijų elementų (infiltracijos, garavimo ir nuotėkio) reikšmės kinta pagal sezoninius dėsningumus. Santykinai galima išskirti žiemos, pavasario, vėlyvojo pavasario–vasaros ir rudens laikotarpius. Žiemą dėl įšalo infiltracija ir garavimas beveik nevyksta, o paviršinis nuotėkis galimas tik atlydžių metu. Augalų transpiracija pasireiškia tik miškuose ir raistų pelkėse. Pavasarį polaidžio metu staigiai padidėja nuotėkis ir infiltracija, vėliau šie procesai stabilizuojasi. Mažai drenuotose žemapelkėse infiltracijos piko nebūna, nes viršutinis durpių sluoksnis greitai įsisotina, o vandens perteklius nuteka. Evapotranspiracija, t. y. bendras vandens garavimas iš dirvožemio ir kitų paviršių bei augalų, šiuo laikotarpiu sparčiai didėja.

Vėlyvą pavasarį ir vasarą infiltruojasi mažiau vandens, nes padidėja temperatūra ir sustiprėja augalų vegetacija. Nuotėkis vyksta tik po liūčių, ypač priemolio dirvožemiuose, kur dėl lėtos filtracijos jis būna trumpalaikis. Smėlingose vietovėse infiltruojasi daugiau vandens, bet priemoliuose procesą riboja intensyvus garavimas. Žemapelkėse šiuo metu vyrauja prietakos kompensacija, todėl nuotėkis būna neigiamas. Rudenį sumažėjus garavimui ir transpiracijai bei padaugėjus kritulių, infiltracija padidėja. Nuotėkio šuliai tampa retesni, nes smarkių liūčių šiame laikotarpyje pasitaiko mažiau.

Infiltracinė mityba Lietuvoje pasiskirsto netolygiai. Didžiausia infiltracija būdinga Ašmenos aukštumoje ir Rytų-Pietryčių Lietuvos smėlingose bei žvirgždingose fliuvioglacialinėse lygumose (daugiau nei 5 l/s iš km²). Dėl gausių kritulių aukštos infiltracinės mitybos vertės (5–9 l/s iš km²) yra Žemaičių aukštumose. Didelės vertės (3–7 l/s iš km²) fiksuojamos Smalininkų, Kazlų Rūdos eoliniuose dariniuose. Maža arba beveik nulinė infiltracija būdinga Žemgalai, Vakarų Žemaitijai, Užnemunei ir Vidurio Lietuvai, kur gruntinio vandens drenavimas yra silpnas, aeracijos zona sudaro molingi gruntai, o kritulių kiekis nedidelis. Neigiamos reikšmės vyrauja Pasvalio, Saločių, Karšuvos limnoglacialinėse lygumose, kur intensyvus tiek garavimas, tiek nuotėkis (3 pav.).



3 pav. Infiltracinės mitybos žemėlapis (Sakalauskienė, 1973).

Pelkių infiltracinė mityba yra labai įvairi: drenuotuose durpynuose ji siekia daugiau nei 7 l/s iš km^2 , o mažai drenuotose Šiaurės Rytų aukštapelkėse gali būti net neigiama (žr. Sakalauskiene, 1973; Sakalauskiene, 1985; Pūtys, 2013).

Patekęs į žemės gelmes kritulių vanduo tampa gruntiniu vandeniu. Toliau po žeme jis teka dviem kryptimis – horizontaliai ir vertikaliai. Horizontaliai jis teka link ištakos sričių, o vertikaliai filtruojasi gilyn, maitindamas giliau slūgsančius vandeninguosius sluoksnius. Pagrindinė šios filtracijos varomoji jėga yra hidrostatinis slėgis, o filtracijos greitis priklauso nuo uolienų filtracijos savybių. Požeminio vandens filtracija vandeninguosiuose sluoksniuose taip pat yra sudėtinga ir glaudžiai susijusi su vandens kokybe. Priklausomai nuo aplinkos sąlygų ir uolienų sudėties, filtracija gali labai skirtis. Vanduo greičiau prasisunkia pro uolienas, turinčias daug plyšių ir didelių porų, o lėčiau – pro uolienas su mažomis poromis ar neturinčias plyšių. Dėl šios priežasties hidrogeologai skirsto vandeningas uolienas į poringas, poringas-plyšines ir plyšines. Smėlis yra poringų uolienų pavyzdys, klintis ir dolomitas – poringų-plyšinių, o kristalinės uolienos, pavyzdžiui, granitas, yra plyšinių uolienų pavyzdys.

Ne visos poros leidžia vandeniui filtruotis – tik tos, kurios susijungusios. Pavyzdžiui, nors molyje porų yra daugiau nei smėlyje, jos daugiausia yra uždarnos, todėl molyje vanduo nesifiltruoja. Dėl to hidrogeologai vartoja sąvoką „aktyvusis poringumas“, kuri apibrėžia tą dalį porų, kuriomis vanduo gali judėti. Aktyvusis poringumas yra ypač svarbus vertinant vandens telkinių formavimąsi bei galimybę išgauti vandenį tam tikrose vietovėse. Paprastai poringesnės yra arčiau žemės paviršiaus esančios uolienos, nes jos nepatyrė didelio slėgio poveikio. Giliau esantys sluoksniai dėl stipraus slėgio palaiapsniui tampa tankesni, poros suspaudžiamos ir užcementuojamos (žr. Dobkevičius, 2001).

Požeminio vandens filtracijos greitį lemia ir hidraulinis gradientas. Tai požeminio gruntinio vandens lygio arba tarpsluoksnių vandens slėgio skirtumas tarp dviejų taškų (pavyzdžiui, gręžinių), padalintas iš atstumo tarp šių taškų. Hidrauliniai gradientai labai laidžiose vandeniui uolienose dažniausiai būna maži, o pusiau laidžiose – dideli. Jie gana staigiai didėja artėjant prie požeminio vandens ištakų, tokių kaip upės, ežerai, vandenvietės ar vandens gavybos gręžiniai. Kadangi gruntinio vandens lygis atkartoja žemės paviršių, lygumose gradientai yra maži, o kalvotose vietovėse ir upių slėniuose – dideli. Didžiausi gradientai gali siekti kelias dešimtis metrų per kilometrą, o lygumose paprastai neviršija vieno metro per kilometrą. Tarpsluoksniuose, ypač giliai esančiuose, vandeninguosiuose sluoksniuose vandens lygis mažiau yra susijęs su žemės paviršiumi, todėl jų gradientai paprastai būna mažesni nei $1 \text{ m per kilometrą}$ (žr. Juodkasis, 2003).

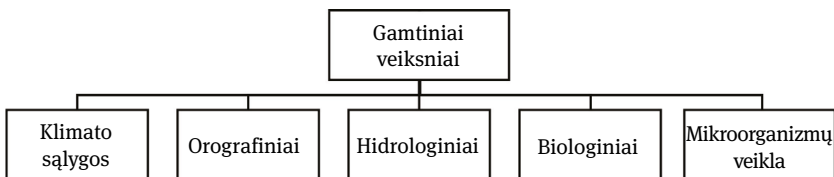
Vertikalusis požeminio vandens judėjimas pro vandeniui mažai laidžius sluoksnius yra dar lėtesnis nei horizontalusis dėl menkai laidžių vandeniui uolienų mažų filtracijos koeficientų ir dažniausiai nedidelių hidraulinių gradientų tarp vandeningųjų sluoksnių. Toks filtracijos greitis gali būti labai mažas – nuo 0,001 iki 0,1 m per dieną. Tačiau praktiškai beveik visuose mažai laidžiuose vandeniui sluoksniuose, skiriančiuose vandeninguosius sluoksnius, yra įvairių defektų, tokių kaip tektoniniai plyšiai ar smėliu bei žvyru užpildyti palaidoti slėniai, pro kuriuos požeminis vanduo filtruojasi pirmiausiai, net jei šie plyšiai ar slėniai yra toli vienas nuo kito.

Požeminio vandens išgavimas taip pat turi įtakos požeminio vandens filtracijai. Dėl vandens gavybos nukritus požeminio vandens lygiui aplink gręžinius ar vandenvietes, padidėja hidrauliniai gradientai, o tai lemia greitesnę požeminio vandens filtraciją. Be to, sumažėjus slėgiui eksploatuojamame sluoksnyje, didėja gradientas tarp šio sluoksniu ir gretimų vandeningųjų sluoksnių, todėl vertikalus požeminio vandens judėjimas pagreiteja (žr. Misiūnas, 1986). Tačiau kartu greičiau patenka ir tarša iš viršaus bei mineralizuotas vanduo iš apačios.

Požeminio vandens cheminę sudėtį formuojantys veiksniai

Požeminio vandens kokybės formavimasis yra gana sudėtingų veiksnių, procesų, sąveikaujančių tam tikroje aplinkoje ir su šia aplinka, padarinyš. Vandens cheminę sudėtį Lietuvoje lemia įvairūs gamtiniai ir geologiniai-hidrogeologiniai veiksniai, kurie tarpusavyje sąveikaudami daro didelę įtaką požeminio vandens kokybei ir sudėčiai. Tačiau šių veiksnių sąsajos (jų sukelti procesai, dėl jų poveikio susiformavusi požeminio vandens cheminė sudėtis tam tikroje geologinėje ir hidrogeologinėje aplinkoje) retai būna aiškios, paprastos ir lengvai suprantamos. Dažniausiai šie ryšiai yra sudėtingi ir jų nustatymui reikalinga išsami analizė.

Tarp pagrindinių gamtinių veiksnių galima išskirti klimato sąlygas, orografinius, hidrologinius, biogeninius veiksnius bei mikroorganizmų veiklą (4 pav.).



4 pav. Gamtiniai veiksniai, formuojantys požeminio vandens sudėtį (Klimas, 2006).

Klimatiniai veiksniai (krituliai, infiltracija ir išgaravimas) yra itin svarbūs požeminio vandens sudėties formavimuisi. Paprastai tariant, atmosferos kritulių infiltruotas vanduo, patekęs į mažai tirpias silikatines ar tirpesnes karbonatines uolienas, dažniausiai yra kalcio hidrokarbonatinės sudėties. Jei vanduo sąveikauja su tirpiomis uolienomis, tokiomis kaip gipsas, arba itin tirpiomis, pavyzdžiui, valgomąja druska, jis gali papildomai praturtėti kalcio sulfato ar natrio chlorido jonais. Vis dėlto gėlo vandens zonoje šių jonų paprastai daugiau randama tik mineralizuoto vandens ištakos vietose. Dirvožemis ir augalija taip pat daro įtaką požeminio vandens cheminei sudėčiai, papildydami jį azoto, fosforo, kalio jonais ir organinėmis medžiagomis.

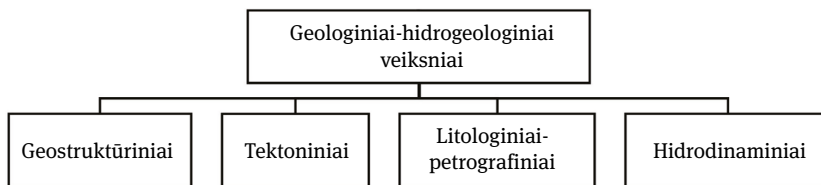
Vietovėse, esančiose mitybos srityse, infiltracija dažnai būna intensyvesnė, todėl šiose zonose požeminis vanduo pasižymi mažesne mineralizacija. Priešingai, ištakų srityse, kur požeminis vanduo pasiekia paviršių, jis dažnai būna praturtintas įvairiomis mineralinėmis medžiagomis dėl ilgesnio kontakto su uolienomis ir ilgesnės slinkties trajektorijos.

Hidrologiniai veiksniai, ypač sąveika su paviršiniu vandeniu, keičia požeminio vandens cheminę sudėtį. Paviršinis vanduo, prasiskverbdamas į požeminius sluoksnius, perneša organines ir neorganines medžiagas, kurios keičia požeminio vandens sudėtį. Intensyvi sąveika su paviršiniais telkiniais dažnai lemia didesnę organinių medžiagų koncentraciją požeminiame vandenyje.

Biogeniniai veiksniai, tokie kaip augalija ir dirvožemiai, veikia požeminio vandens cheminę sudėtį per organinių medžiagų išskyrimą ir skaidymą. Augalų šaknys išskiria organines rūgštis, kurios tirpdo uolienas ir praturtina požeminį vandenį tam tikromis mineralinėmis medžiagomis. Dirvožemiuose vykstantis humuso rūgščių, karbonatų ar kitų junginių išplovimas prisideda prie požeminio vandens cheminės sudėties pokyčių. Biologinio veiksnio poveikis požeminės hidrosferos vandeniui dažniausiai apsiriboja gruntinio vandens sluoksniu, tačiau esant tam tikroms hidrogeologinėms sąlygoms, nedideli humino ir fulvo rūgščių kiekiai gali būti randami ir gilesniuose vandeninguosiuose sluoksniuose.

Svarbų vaidmenį požeminio vandens sudėčiai atlieka ir mikroorganizmų veikla. Mikroorganizmai, skaidydami organines medžiagas, išskiria įvairias dujas, pavyzdžiui, metaną ar anglies dioksidą, kurios gali pakeisti požeminio vandens pH ir skatinti mineralų tirpimą. Be to, mikroorganizmų vykdomos oksidacijos-redukcijos reakcijos daro įtaką tokių elementų kaip geležis, siera ar azoto junginiai formavimuisi požeminiame vandenyje.

Požeminio vandens cheminė sudėtis tiesiogiai priklauso nuo įvairių geologinių ir hidrogeologinių veiksnių, kurie veikia vandens filtraciją, judėjimą ir mineralizaciją per žemės sluoksnius. Šie veiksniai apima geostruktūrinius, litologinius-petrografinius ir hidrodinaminius



5 pav. Geologiniai-hidrogeologiniai veiksniai, formuojantys požeminio vandens sudėtį (Klimas, 2006).

aspektus. Kiekvienas iš šių veiksnių turi specifinį poveikį požeminio vandens cheminei sudėčiai (5 pav.).

Geostruktūriniai veiksniai, tokie kaip žemės paviršiaus ir požeminių sluoksnių struktūra, daro tiesioginę įtaką požeminio vandens filtracijai. Nuo teritorijos geologinės sandaros priklauso požeminio vandens sistemų atvirumas ir uždarumas, t. y. vertikalusis ir horizontalusis hidrocheminis zoniškumas, kitaip sakant, gėlo ir mineralizuoto vandens pasiskirstymas sistemoje.

Tektoniniai judesiai, plyšiai, lūžiai taip pat yra svarbūs požeminio vandens kokybei: tektoninių lūžių vietose susidariusiais plyšiais sūrus vanduo iš kelių šimtų metrų gylio kyla iki pat žemės paviršiaus. Šie elementai gali sukurti vandeniui pralaidesnes zonas, kurios leidžia vandeniui greičiau judėti ir, priklausomai nuo sąveikos su uolienomis, keisti požeminio vandens cheminę sudėtį. Pavyzdžiui, tektoniniai plyšiai ir lūžiai suteikia galimybę greitesnei vandens migracijai, o tai gali prisidėti prie skirtingų cheminių elementų patekimo į požeminį vandenį. Klasikinis tektoninio veiksnio įtakos požeminio vandens cheminei sudėčiai pavyzdys yra Druskininkuose ir Birštone susidarę mineralinio vandens telkiniai.

Litologiniai-petrografiniai veiksniai turi įtakos uolienų sudėčiai, kurios lemia požeminio vandens cheminę sudėtį. Skirtingos uolienos, kaip antai smėlis, molis, gipsas, dolomitas ar klintis, nevienodai reaguoja su vandeniu, todėl galimi įvairūs tokių cheminių elementų, kaip kalcio hidrokarbonatai, sulfatai ar natrio chloridas, koncentracijos pokyčiai vandenyje. Pavyzdžiui, klintis ir dolomitas praturtina vandenį kalcio hidrokarbonatais, o gipsas – kalcio sulfatu. Akivaizdus šio veiksnio įtakos požeminio vandens cheminei sudėčiai pavyzdys yra sulfatinio vandens dominavimas Joniškio krašto vandeninguosiuose sluoksniuose, susidaręs dėl gipso tirpimo.

Hidrodinaminiai veiksniai, apimantys požeminio vandens judėjimo greitį ir intensyvumą, priklauso nuo hidraulinių gradientų ir uolienų laidumo. Apykaitos intensyvumas, tai yra kaip greitai vanduo cirkuliuoja pro sluoksnius, turi tiesioginę įtaką vandens sąveikai su uolienomis. Greitesnis vandens judėjimas gali sumažinti jo sąveiką su uolienomis, todėl cheminių pokyčių yra mažiau, o lėtesnis judėjimas leidžia vandeniui ilgiau sąvei-

kauti su uolienomis, todėl mineralų ir druskų kaupimasis vandenyje didėja.

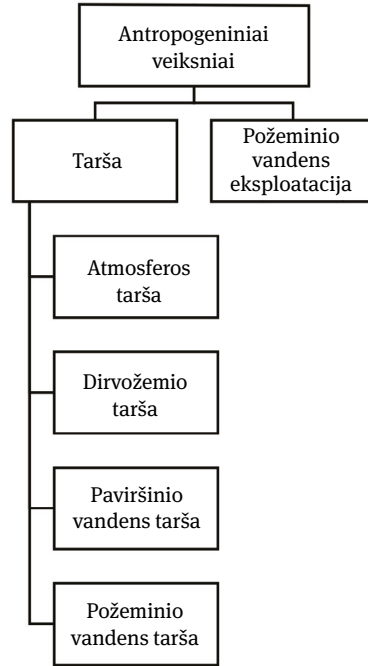
Visi šie veiksniai – geostruktūriniai, litologiniai-petrografiniai ir hidrodinaminiai – veikia kartu ir formuoja požeminio vandens cheminę sudėtį, todėl skirtingose vietovėse vandens savybės gali labai skirtis ir priklausyti nuo vietinių geologinių ir hidrogeologinių sąlygų. Tinkamas šių veiksnių vertinimas ir supratimas yra svarbus, norint teisingai įvertinti požeminio vandens kokybę ir užtikrinti efektyvų išteklių valdymą.

Požeminio vandens cheminę sudėtį taip pat veikia įvairūs žmogaus ūkinės veiklos veiksniai, kurie gali sukelti tiek tiesioginius, tiek ilgalaikius pokyčius. Lietuvos sąlygomis ypač svarbius antropogeninius veiksnius galima suskirstyti į du pogrupius: tarša ir požeminio vandens eksploatacija (6 pav.).

Atmosferos tarša daro reikšmingą poveikį požeminio vandens sudėčiai, nes atmosferoje esantys teršalai, pavyzdžiui, sieros dioksidas (SO_2), azoto oksidai (NO_x) ir sunkieji metalai, gali patekti į dirvožemį ir gruntinį vandenį su krituliais. Lietuvoje taip pat konstatuota įtaka gruntiniam vandeniui Elektrėnuose (žr. Kadūnas, 1993). Be to, žinoma, jog pavėjui nuo „Achemos“ tam tikrame plote gruntinis vanduo daugelį metų buvo teršiamas azoto junginiais tik iš atmosferos (žr. Klimas, Kadūnas, 1991).

Kitas svarbus veiksnys – dirvožemio tarša, kurią dažniausiai lemia žemės ūkyje naudojamos trąšos, pesticidai ir herbicidai. Šios medžiagos, patekusios į dirvožemį, gali lengvai prasiskverbti į gruntinį vandenį ir neigiamai paveikti jo kokybę. Lietuvoje dažnai pasitaiko nitratais ir fosfatais užteršto požeminio vandens, ypač tokiuose rajonuose kaip Šiaurės Lietuva ar Vidurio Lietuvos lygumos, kur vykdoma intensyvi žemdirbystė.

Paviršinio vandens tarša turi reikšmingą poveikį požeminio vandens cheminei sudėčiai. Organinėmis medžiagomis, sunkiaisiais metalais ir kt. medžiagomis užterštas upių, ežerų ir kitų paviršinių vandens telkinių vanduo gali infiltruotis į požeminį vandenį. Tai ypač aktualu zonose, kuriose paviršinio ir požeminio vandens apytaka yra intensyvi, pavyzdžiui, Nemuno baseine.



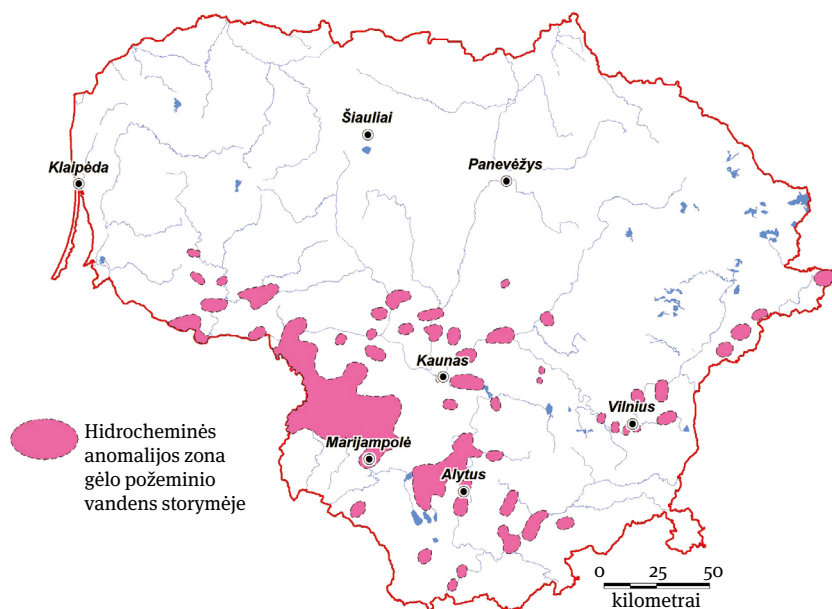
6 pav. Antropogeniniai veiksniai, formuojantys požeminio vandens sudėtį (Klimas, 2006).

Tiesioginė požeminio vandens tarša gali kilti dėl netinkamai įrengtų sąvartynų ar ūkio objektų, kuriuose sandėliuojamos įvairios cheminės medžiagos. Lietuvoje buvusių karinių bazių teritorijose ar senų pramoninių kompleksų vietose aptinkama sunkiaisiais metalais, naftos angliavandeniškais ir kitais teršalais užteršto požeminio vandens. Tokia tarša pavojinga ne tik vietiniuose plotuose, bet su požeminio vandens srautais gali kelti tiesioginę grėsmę požeminio vandens šaltiniams. Tokie atvejai fiksuoti buvusių Vilniaus ir Alytaus naftos bazių teritorijose.

Požeminio vandens intensyvi eksploatacija – dar vienas reikšmingas veiksnys, galintis pakeisti vandens cheminę sudėtį. Tiesa, požeminio vandens eksploatacija nėra tiesioginis jo cheminės sudėties formavimosi veiksnys, bet ji sudaro prielaidas patekti taršai į požemį ir intensyvina procesus, veikiančius vandens kokybę. Eksploatacija keičia požeminio vandens balanso elementus ir gali sukelti antrinius reiškinius, tokius kaip jūros vandens intruzija. Klaipėdos III vandenvietėje beveik 90 % eksploatacinių išteklių sudaro užterštas Karaliaus Vilhelmo kanalo vanduo (žr. Klimas, Bendoraitis, 1998). Vilniaus Aukštųjų Panerių vandenvietė prarado funkcionalumą dėl specifinės taršos, o Vingio vandenvietėje buvo aptikta organinių tirpiklių ir benzeno.

Eksploatuojant gėlą vandenį giliau esančiuose sluoksniuose, kyla mineralizuoto vandens išsiskverbimo rizika. Dėl šios priežasties buvo uždaryta Birštono vandenvietė. Šiaulių, Kėdainių ir Šakių regionuose vyksta nekondicinio vandens migracija, bloginanti vandens kokybę. Eksploatuojant pereinamąsias zonas tarp gėlo ir mineralizuoto vandens, nekondicinis vanduo gali būti siurbiamas iš šono arba iš apačios. Klaipėdos II vandenvietėje šis procesas stebimas jau beveik šimtmetį (žr. Klimas, 2006).

Požeminio vandens kokybę gali paveikti nekokybiškai įrengti arba likviduoti gręžiniai, ypač kertantys skirtingos mineralizacijos vandeninuosius sluoksnius. Tyrimų metu (žr. Marcinonis, 2022) išaiškintos naujos hidrogeocheminės anomalijos gėlo vandens storumėje (7 pav.). Turimi duomenys leidžia įtarti, kad kai kurias hidrochemines anomalijas formuoja iš gilesnių sluoksnių kylantis sūrus vanduo, kuris per nekokybiškai įrengtus ar likviduotus gręžinius patenka į gėlo vandens sluoksnius ir juos „užsūdo“. Ar jos yra susijusios su natūraliomis gamtinėmis sąlygomis, ar su sūraus vandens prietaka per nesandariai likviduotus giliuosius gręžinius, tvirtai pasakyti negalima, tačiau pastarąją prielaidą šie duomenys sustiprina ir tai yra rimtas pagrindas gręžinių galimo poveikio problemą kelti ir tyrinėti išsamiau. Tam tikrą šio reiškinio technogeninės kilmės patvirtinimą sustiprina ir turimi pavieniai duomenys, rodantys mineralizuoto vandens kontūro plėtrą per pastaruosius kelis dešimtmečius. Akivaizdu, kad natūraliai susiformavusiose hidrocheminėse anomalijose tokie procesai yra ar



7 pav. Hidrocheminių anomalijų zonos gėlo požeminio vandens stovymėje (Marcinonis, 2022).

bent jau turėtų būti nusistovėję ir susibalsavę, o gauti duomenys rodo, kad kai kuriose hidrocheminėse anomalijose šie procesai yra aktyvūs.

Taigi antropogeniniai veiksniai turi didelę įtaką požeminio vandens cheminės sudėties pokyčiams. Norint išsaugoti jo kokybę, būtina taikyti kompleksines priemones: efektyvią taršos kontrolę, reguliuojamą vandens eksploataciją bei aplinkos stebėsenos sistemas. Tokie veiksmai galėtų užtikrinti tvarų požeminio vandens naudojimą ateities kartoms.

Taršos poveikis požeminio vandens kokybei

Požeminis vanduo, kaip jau minėta, yra vienas svarbiausių gamtinių išteklių, užtikrinantis geriamojo vandens tiekimą ir ekosistemų gyvybingumą. Tačiau jo kokybė nuolat susiduria su įvairia tarša, kuri gali kilti tiek iš aiškiai apibrėžtų, sutelktų šaltinių (pavyzdžiui, pramonės įmonių, sąvartynų, naftos produktų saugyklų ir pan.), tiek iš išsklaidyto pobūdžio taršos (pavyzdžiui, žemės ūkio veiklos). Lietuvoje tokia tarša daugiausia paveikė viršutinį požeminio vandens sluoksnį, t. y. negiliai slūgsantį gruntinį vandenį. Giliau slūgsančių vandeninių sluoksnių taršos poveikis yra mažiau reikšmingas.

Sutelktoji tarša. Lietuvos geologijos tarnyba yra sukaupusi informaciją apie daugiau nei 12 tūkst. potencialių geologinės aplinkos taršos židinių

(toliau – PTŽ), kuriuose gali ar galėjo būti teršiama žemė, t. y. gruntas ir požeminis vanduo. Pagal veiklos tipus didžiausią jų dalį (apie 40 %) sudaro teršiančių medžiagų kaupimo ir regeneravimo objektai (pesticidų sandėliai, sąvartynai, valymo įrenginiai, kt.), apie trečdalį (36 %) – pramonės, energetikos, transporto ir paslaugų objektai (naftos, asfaltbetonio bazės, degalinės, katilinės, kt.) ir apie ketvirtadalį (23 %) – gyvulininkystės objektai (8 pav.). Pagal konkrečios veiklos pobūdį didžiąją dalį visų PTŽ sudaro įvairios naftos produktų bazės, technikos kiemai, degalinės, trąšų ir pesticidų sandėliai, sąvartynai. Apie kiekvieną objektą surinkta antropogeninį poveikį atspindinti informacija: teritorijoje vykdomos arba vykdytos ūkinės veiklos pobūdis, naudojamos arba naudotos ar susidarančios cheminės medžiagos, jų kiekis, objekto padėtis ekosistemoje ir pan.

Didžioji dalis PTŽ yra susiję su veikla, vykdyta iki 1990 metų. Tokios „istorinės taršos“ problema Lietuvoje yra itin aktuali, kadangi žalą aplinkai padariusių asmenų nustatyti nebeįmanoma, todėl aplinkos atkūrimo priemonių išlaidas tenka atlyginti valstybės ar savivaldybių institucijoms. Geologinės aplinkos taršos židinių inventorizacijos metu nustatyta, kad kas trečias PTŽ yra galimai pavojingas aplinkai, o vieno iš dešimties galimas pavojingumas aplinkai yra labai didelis. Įvertinta, kad cheminėmis medžiagomis galimai užterštų teritorijų plotas gali siekti apie 280 km², arba 0,43 % Lietuvos teritorijos. Apie 115 km² plote taršos galimybė yra didelė arba labai didelė. Pagrindinės teršiančios medžiagos yra naftos produktai, jais gali būti užteršta daugiau nei 40 % visų PTŽ teritorijų. Apie ketvirtadalis (25 %) PTŽ teritorijų gali būti užteršta organinės kilmės medžiagomis. Tai daugiausia gyvulininkystės objektai. Maždaug kas penktame (20 %)



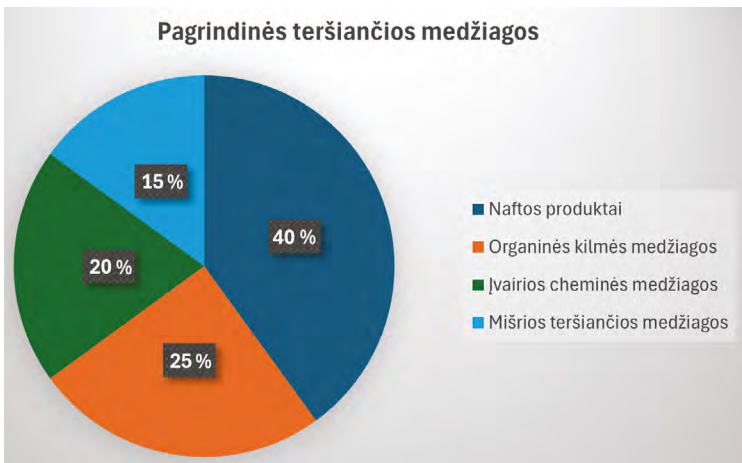
8 pav. Potencialių geologinės aplinkos taršos židinių pasiskirstymas pagal tipus (Radienė, Šugalskienė, 2016).

objekte buvo nustatyta galima tarša pesticidais, sunkiaisiais metalais ir kitais specifiniais junginiais – daugiacykliais aromatiniais angliavandeniliais (benzo-b-fluorantenu, benzo-k-fluorantenu, benzpo-ghi-perilenu, indeno-1,2,3-cd-pirenu, benzpirenu), halogenintais angliavandeniliais (tetra ir trichloretenu, 1,2-dichloretenu, detergentais, fenoliais ir kt.). Likusiose PTŽ teritorijose, tokiose kaip sąvartynai, valymo įrenginiai ir pan., požeminis vanduo gali būti užterštas mišriais teršalais (9 pav.).

Remiantis valstybės ir ūkio subjektų lėšomis atliktais aplinkos geologinių tyrimų rezultatais bei PTŽ pavojingumo vertinimu, galima prognozuoti, kad cheminėmis medžiagomis užterštų teritorijų Lietuvoje yra apie 5,1 tūkst. 2009–2010 m., vykdant projektą „Užterštų teritorijų poveikio vertinimas“, preliminariu aplinkos geologiniu tyrimu iširta 100 pavojingiausių objektų, esančių valstybinėje žemėje. Pusę jų (51 vnt.) sudarė pramonės, energetikos, transporto bei paslaugų objektai ir kitą pusę (49 vnt.) – teršiančių medžiagų kaupimo ir regeneravimo objektai.

Atsižvelgiant į konkrečiame objekte naudotas chemines medžiagas, buvo tiriami naftos angliavandeniliai, pesticidai, azoto junginiai, daugiacykliai ir halogeniniai angliavandeniliai, neidentifikuota organinė medžiaga, sunkieji metalai. Tyrimo rezultatai rodo, kad 85 % PTŽ teritorijų bent vienos cheminės medžiagos koncentracija grunte arba gruntiniame vandenyje viršija ribinę vertę (RV). Didesnėje pusėje objektų užterštas ir gruntas, ir gruntinis vanduo.

Tačiau yra ir tokių teritorijų, kur užterštas tik gruntas (apie 14 %) arba tik gruntinis vanduo (apie 24 %). Nustatyta, kad užterštas gruntas yra maždaug 61 % PTŽ teritorijų, o gruntinis vanduo – 71 % PTŽ teritorijų.



9 pav. Pagrindinės teršiančios medžiagos geologinės aplinkos taršos židiniuose (Radienė, Šugalskienė, 2016).

Daugiau nei pusėje (52 %) tirtų objektų gruntas ir / arba gruntinis vanduo užterštas naftos angliavandeniliais. Keliuose objektuose grunte ir požeminame vandenyje aptiktos labai specifinės ir retos teršiančios medžiagos, tokios kaip daugiacikliai aromatiniai angliavandeniliai, tetrachloretenas, trichloretenas, 1,2-dichloretenas (žr. Radienė, 2016).

2010–2011 m. projekto „Užterštų teritorijų poveikio vertinimas“ metu 50 objektų buvo atliktas detalusis aplinkos geologinis tyrimas. Ištirta 30 pramonės ir energetikos objektų bei 20 teršiančias medžiagas kaupiančių objektų. Nustatyta, kad 35 objektuose gruntas yra užterštas naftos produktais. Užteršto grunto kiekis svyruoja nuo 10 m^3 iki $61\,161 \text{ m}^3$ (vidutiniškai – $4\,120 \text{ m}^3$) ir užima daugiau nei 66 tūkst. m^2 plotą. 11 objektų gruntas užterštas pesticidais. Užteršto grunto tūris svyruoja nuo 3 m^3 iki 212 m^3 (vidutiniškai – $54,8 \text{ m}^3$) ir užima $2\,262 \text{ m}^2$ teritoriją. Keturiuose objektuose apie 330 m^3 grunto užteršta sunkiaisiais metalais.

35 tirtuose objektuose nustatyta, kad gruntinis vanduo yra užterštas naftos produktais. Užterštos vandeningos terpės tūris svyruoja nuo 33 m^3 iki $18\,000 \text{ m}^3$ (vidutiniškai – $2\,708 \text{ m}^3$). Gruntinis vanduo naftos produktais užterštas didesniame nei 55 tūkst. m^2 plote. Dviuose objektuose užfiksuoti virš gruntinio vandeningojo sluoksnio susikaupę skysti naftos produktai. Įvertinta, kad viename objekte jų kiekis gali siekti apie $1\,500 \text{ m}^3$.

30-ye tirtų objektų gruntinis vanduo yra užterštas įvairiais azoto junginiais (nitratais, nitritais, amonio azotu). Užterštos vandeningos terpės tūris svyruoja nuo 10 m^3 iki $26\,420 \text{ m}^3$ (vidutiniškai – $3\,319 \text{ m}^3$) ir užima daugiau nei 71 tūkst. m^2 ploto teritoriją. Septyniuose objektuose (vidutiniškai – 187 m^3) ir $1\,162 \text{ m}^2$ ploto teritorijoje vanduo užterštas sunkiaisiais metalais. Šešiuose objektuose gruntinis vanduo užterštas chloridais. Užterštos vandeningos terpės tūris svyruoja nuo 100 m^3 iki $4\,162 \text{ m}^3$ (vidutiniškai – $1\,397 \text{ m}^3$) ir užima $8\,698 \text{ m}^2$ ploto teritoriją. Keturiuose objektuose $3\text{--}148 \text{ m}^3$ (vidutiniškai – $60,2 \text{ m}^3$) gruntinio vandens užteršta pesticidais. Dar keturiuose objektuose gruntinis vanduo užterštas sulfatais. Užterštos vandeningos terpės tūris siekia $244\text{--}3\,212 \text{ m}^3$ (vidutiniškai – $1\,320 \text{ m}^3$) ir užima $3\,305 \text{ m}^2$ ploto teritoriją. Viename objekte apie $19\,000 \text{ m}^3$ vandeningos terpės yra užteršta halogenintais angliavandeniliais (žr. Radienė, 2016).

Reikia paminėti, kad apskritai yra ištirta arba aplinkos būklė kontroliuojama (vykdomi stebėjimai) daugiau kaip 1 700 teritorijų, kuriose buvo ar yra naudojamos pavojingos cheminės medžiagos. Tyrimais patvirtinta, kad gruntas ir požeminis vanduo pavojingai užterštas 660 teritorijų, t. y. kas trečiame ištirtame objekte.

Atsižvelgiant į šiuos duomenis, būtina toliau plėtoti aplinkos geologinius tyrimus ir stebėseną, identifikuojant dar neištirtas teritorijas bei nustatant taršos pavojingumą. Būtina plėtoti stebėsenos programas, kurios užtikrintų ilgalaikį cheminių teršalų dinamikos stebėjimą ir galimų

plitimo tendencijų prognozavimą. Tik nuosekli taršos židinių kontrolė ir efektyvus rizikos valdymas leis sumažinti neigiamą cheminių medžiagų poveikį aplinkai, taip pat požeminiam vandeniui bei gyventojų sveikatai.

Pasklidoji tarša. Pagrindiniai šios taršos šaltiniai regioniniu mastu yra žemdirbystės laukai ir urbanizuotos teritorijos. Daugelio tyrimų duomenys rodo, kad svarbiausi teršalai yra azoto ir fosforo junginiai. Pasklidusios taršos poveikis požeminiam vandeniui buvo įvertintas 2009–2010 m. vykdant projektą „Baseinų valdymo plano požeminio vandens dalies Nemuno upių baseinų rajonui parengimas ir integravimas į bendrą valdymo planą“ (žr. Vaitiekūnienė ir kt., 2011). Nors projektas apėmė tik Nemuno upių baseiną, tačiau gauti duomenys gali būti taikomi visai Lietuvos teritorijai, nes hidrogeologinės sąlygos, žemės ūkio veiklos intensyvumas ir urbanizacijos lygis daugelyje šalies regionų yra panašūs. Kadangi azoto ir fosforo junginių perteklius požeminiame vandenyje yra ilgalaikės žemės naudojimo praktikos pasekmė, šie duomenys gali padėti įvertinti taršos mastą ir tendencijas ne tik Nemuno baseine, bet ir kituose šalies regionuose, sudarydami pagrindą efektyvesnėms vandens apsaugos priemonėms.

Didžiausias pasklidusios taršos poveikis gruntiniam vandeniui pastebėtas urbanizuotose teritorijose bei intensyvios žemdirbystės plotuose (žr. Gregorauskas ir kt., 2011). Įvairiuose upių baseinuose turime nevienodą skirtingos technogeninės apkrovos plotų santykinį pasiskirstymą. Todėl pasklidusios taršos poveikio atskiruose upių baseinuose palyginimui išvestos vidutinės azoto junginių koncentracijų vertės, atsižvelgiant į santykinį skirtingos technogeninės apkrovos plotų paplitimą (1 lentelė). Gautų duomenų analizė rodo, kad didžiausios vidutinės azoto junginių

1 lentelė. Vidutinis nitratų, amonio koncentracijų prieaugis atskiruose Nemuno UBR upių pabaseiniuose / baseinuose dėl pasklidusios taršos poveikio

Upių baseinas / pabaseinis	Vidutinis koncentracijos prieaugis (mg/l)	
	NO ₃	NH ₄
Pajūrio upių	8,73	0,36
Minijos	5,56	0,21
Jūros	5,93	0,23
Nemuno mažųjų intakų	5,94	0,23
Šešupės	6,84	0,26
Merkio	3,79	0,14
Neries	6,79	0,29
Žeimenos	3,08	0,14
Šventosios	5,27	0,22
Nevėžio	7,07	0,24
Dubysos	6,23	0,23
Priegliaus	3,88	0,20

koncentracijos yra upių baseinuose, kuriuose sutelktos žemdirbystei palankiausios žemės ir labiausiai išvystytas žemės ūkis. Šie duomenys patvirtina išvadą, kad žemės ūkio veikla formuoja ryškiausią pasklidosios taršos dalį.

Bendrojo azoto kiekis, patenkantis į gruntinį vandenį dėl pasklidosios taršos poveikio, priklauso nuo žemės naudmenų tręšimo apimtys ir metinės kritulių infiltracijos dydžio. Tyrimai rodo, kad didžiausi azoto kiekiai į gruntinį vandenį patenka Merkio, Neries ir Žeimenos upių baseinuose, nors vidutinės azoto junginių koncentracijos šiuose baseinuose yra mažiausios (2 lentelė). Tai lemia aukštos metinės infiltracinės mitybos vertės. Be to, šiuose baseinuose į gruntinį vandenį patenka didžiausia dalis į dirvožemį įnešamo azoto kiekio, siekianti 9,16–18,6 %. Tokia situacija paaiškinama tuo, kad šiuose baseinuose vyrauja lengvi smėlingi gruntai, sudarantys palankias sąlygas azotui išplauti iš dirvožemio. Kituose upių baseinuose, priklausomai nuo apskaičiuotos vidutinės azoto junginių koncentracijos bei metinės kritulių infiltracijos į gruntinį vandenį, dažniausiai patenka vidutiniškai 0,08–0,88 kg/metus į ha bendrojo azoto, o tai sudaro tik apie 0,19–3,33 % į dirvožemį įnešamo azoto. Į gruntinį vandenį patenkantis nedidelis azoto kiekis paaiškinamas tuo, kad šiuose baseinuose vyrauja molingi gruntai (žr. Gregorauskas ir kt., 2011).

Taip pat įvertintas pasklidosios taršos paveikto gruntinio vandens poveikis paviršiniam vandeniui. Didžiausias bendrojo azoto bei bendrojo fosforo kiekis su požeminiu nuotėkiu į upes išnešamas Nemuno mažųjų intakų, Merkio, Neries bei Šventosios upių baseinuose, mažiausias – Pajūrio upių, Priegliaus baseinuose ir Dubysos bei Nevėžio baseinuose (3 lentelė).

2 lentelė. Pasklidosios taršos į gruntinį vandenį įnešamas azoto kiekis

Baseinas / Pabaseinis	Plotas (ha)	Infiltracinė mityba (m ³ /metus į ha)	Įnešamo į dirvožemį azoto kiekis (kg/ha)	Azoto kiekis, patenkantis į gruntinį vandenį (kg/ha)	Santykinė azoto, patenkančio į gruntinį vandenį, dalis (%)
Pajūrio upių	100 200	395,31	26,4	0,88	3,33
Minijos	293 997	606,92	32,9	0,86	2,61
Jūros	4 005 006	54,37	40,8	0,08	0,19
Nemuno mažųjų intakų	917 491	935,45	29,4	1,42	4,8
Šešupės	476 975	480,95	47,5	0,83	1,74
Merkio	379 898	1 854,60	15,0	1,79	11,9
Neries	426 679	1 640,70	15,3	2,88	18,8
Žeimenos	277 525	1 507,62	13,1	1,20	9,16
Šventosios	678 918	1 055,07	26,4	1,43	5,42
Nevėžio	614 042	298,52	46,4	0,53	1,17
Dubysos	196 590	552,32	39,3	0,87	2,21
Priegliaus	83,38	1 177,56	33,7	1,21	3,59

3 lentelė. Modelinė bendrojo azoto, nitratų azoto, amonio azoto bei bendrojo fosforo ištaka su gruntiniu vandeniu į paviršinio vandens telkinius

Upės baseinas / pabaseinis	Plotas (km ²)	Modelinis požeminis nuotėkis (l/s iš km ²)	Modelinė ištaka su gruntiniu vandeniu (t/metus)			
			Bendrasis N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Bendrasis P
Pajūrio upių	1002	0,81	13,04	8,95	4,09	0,66
Minijos	2 939,97	1,74	82,08	56,33	25,75	4,18
Jūros	4 005,06	1,39	89,75	61,59	28,16	4,58
Nemuno mažųjų intakų	9 174,91	2,70	398,33	273,36	124,96	20,31
Šešupės	4 769,75	1,21	92,46	63,45	29,01	4,71
Merkio	3 798,98	5,26	321,23	220,45	100,78	16,38
Neries	4 266,79	4,63	317,79	218,09	99,7	16,2
Žeimosos	2 775,25	4,25	189,84	130,28	59,56	9,68
Šventosios	6 789,18	2,98	325,24	223,2	102,04	16,58
Nevėžio	6 140,42	0,71	70,07	48,09	21,98	3,57
Dubysos	1 965,9	1,33	42,02	28,84	13,18	2,14
Priegliaus	83,38	2,77	3,71	2,55	1,16	0,19

Į paviršinius vandenis įnešamų medžiagų kiekis yra tiesiogiai susijęs su gruntinio vandens infiltracine mityba, lemiančia požeminio nuotėkio dydį, bei upės pabaseinio plotu. Didžiausia azoto junginių ištaka pagal modeliavimo rezultatus yra atskirose Šventosios, Merkio, Neries, Nemuno atkarpose, kur prie upės slėnio šliejasi žemdirbystės laukai arba urbanizuotos teritorijos. Čia ji daug kur siekia iki 0,1–0,25 t/metus ir daugiau. 3 lentelėje pateikti nitratų azoto, amonio azoto bei bendrojo fosforo ištakos su gruntiniu vandeniu į upes kiekiai rodo, kiek šių junginių patenka į paviršinius vandenis kontakte „gruntinis vanduo–upė“. Minėtiems junginiams iš požemio patekus į paviršinį vandenį, t. y. į kitas oksidacines-redukcinės sąlygas, vyksta spartūs jų destrukcijos, transformacijos, irimo, atsiskiedimo ir kiti procesai, todėl jų koncentracija gerokai sumažėja. Į klausimą, kiek šių junginių lieka upėje, turėtų atsakyti paviršinio vandens matematinis modelis.

Vis dėlto, net neatsižvelgus į jau minėtus destrukcijos ir kitus procesus, galima teigti, jog su požeminiu nuotėkiu į upes patenkanti pasklidusios taršos dalis visame į upes patenkančios taršos kiekyje nėra vyraujanti. Pavyzdžiui, nitratų azoto (kuris praktiškai sudaro vos ne visą bendrojo azoto kiekį upių vandenyje), patenkančio su požeminiu nuotėkiu į paviršinio vandens telkinius, kiekis daugelyje pabaseinių nuo bendro į upes patenkančio taršos kiekio sudaro iki 1–5 %. Išimtis – Merkio ir Žeimosos pabaseiniai, pasižymintys ypač dideliu požeminiu nuotėkiu, kur šis kiekis siekia iki 40 % (3 lentelė). Taigi, netgi neatsižvelgus į destrukcijos ir kitus minėtus procesus, mažinančius iš požemio patekusių taršos rodiklių koncentraciją paviršiniame vandenyje, galima teigti, jog Nemuno UBR gruntiniame vandeninajame sluoksnyje nėra paviršinio vandens telkinių taršos rizikos: su

gruntiniu vandeniu išnešamos taršos kiekis neviršija EK rekomendacijose nurodyto 50 % paviršinio vandens viso taršos kiekio.

Turint omenyje, kad dėl destrukcijos, transformacijos, atsiskiedimo ir kitų procesų azoto junginių, patekusių iš požemio į paviršinį vandenį, koncentracija sumažėja 2,5 karto, realus gruntinio vandens pasklidosios taršos poveikis paviršiniam vandeniui bus dar gerokai mažesnis (žr. Gregorauskas ir kt., 2011).

Pasklidosios taršos paveikto gruntinio vandens poveikis paviršinio vandens kokybei regioniniu mastu yra nedidelis. Išsikraunancio požeminio vandens debitas yra litrai per sekundę, o bet kurios stambesnės upės nuotėkis yra m³ per sekundę. Regioniniu mastu azoto junginių koncentracijos gruntiniame vandenyje neviršija geriamojo vandens standartų reikalavimų, o didžiausias pasklidosios taršos poveikis gruntiniams vandenims matyti urbanizuotose teritorijose bei intensyvios žemdirbystės plotuose. Šiose teritorijose nitratų koncentracija gruntiniame vandenyje priartėja prie DLK, kuri yra 50 mg/l, o amonio koncentracija siekia 2,44 mg/l ir keletą kartų viršija DLK (0,5 mg/l).

Požeminio vandens tarša Lietuvoje yra reikšminga aplinkosaugos problema, kurią lemia tiek sutelktosios, tiek pasklidosios taršos šaltiniai. Sunkieji metalai, naftos produktai, organiniai, azoto junginiai, pesticidai ir kt. medžiagos daro ilgalaikį neigiamą poveikį vandens kokybei, ekosistemoms ir žmonių sveikatai, o kai kurie teršalai išlieka požeminiam vandenyje dešimtmečius. Didžiausią riziką kelia urbanizuotos teritorijos ir intensyviai dirbami žemės ūkio plotai. Siekiant sumažinti taršą ir užtikrinti geros kokybės požeminį vandenį ateityje, būtina vykdyti stebėseną, taikyti taršos prevencijos priemones, skatinti tvarią žemdirbystę.

GĖLO POŽEMINIO VANDENS IŠTEKLIAI

Lietuvoje nuo seno išskiriamos keturios atskiros požeminio vandens hidrodinaminės sistemos, kuriose kaupiasi gėlas požeminis vanduo (žr. Juodkasis, 1979). Pirmoji ir jauniausia jų yra susijusi su kvartero nuogulų danga. Nuėmus šią dangą, Pietvakarių Lietuvoje atsivertę antroji sistema – kainozojaus ir mezozojaus hidrodinaminė sistema, kurią sudaro paleogeno, kreidos ir jūros vandeningieji sluoksniai. Trečioji sistema, priklausanti viršutiniam paleozojui (permo, viršutinio devono vandeningieji sluoksniai), aptinkama Šiaurės Vakarų Lietuvoje, o ketvirtoji – vidurinio ir apatinio paleozojaus sistema (viršutinio–vidurinio devono, silūro ir kambro vandeningieji sluoksniai) yra rytinėje ir šiaurės rytinėje šalies dalyje.

Požeminiam vandenyje natūraliai aptinkami įvairūs cheminiai elementai, kurie tam tikrais atvejais gali kelti problemų geriamojo vandens kokybei,

todėl šiame skyriuje nagrinėjama geležies, mangano, arseno, fluorida ir boro koncentracija vandeninguosiuose sluoksniuose. Aptariamas gėlo požeminio vandens išteklių pasiskirstymas pagal vandeninguosius sluoksnius, hidrogeologinius baseinus bei administracinius regionus, o tai yra svarbu tiek vandens tiekimo planavimui, tiek aplinkosaugos strategijoms.

Kvartero hidrodinaminė sistema

Arčiausiai žemės paviršiaus gėlas požeminis vanduo kaupiasi gruntiniame vandeningajame sluoksnyje, kuris yra išplitęs įvairiuose paviršiniuose sluoksniuose. Giliau esantis gėlas požeminis vanduo kaupiasi tarpmoreniniuose vandeninguosiuose sluoksniuose, kuriuos sudaro smėlingi, žvirgždingi sluoksniai, slūgsantys tarp molingų, vandeniui prastai laidžių morenų. Kadangi kvartero nuogulos dengia visą Lietuvos teritoriją, ši sistema išplitusi visur. Viršutinė jos riba – gruntinio vandens lygis, o apatinė – kvartero sluoksnių sandūra su senesnėmis, ikikvarterinėmis, uolienomis.

Kvartero hidrodinaminei sistemai būdingas atvirumas. Ji turi gerą ryšį tiek su žemės paviršiumi, krituliais ir paviršinio vandens telkiniais, tiek su gilesniais vandeningaisiais sluoksniais. Todėl kvartero sistema pasižymi ne tik dideliais požeminio vandens ištekliais, bet ir kokybės kaita, nes per atvirą paviršių ją gali lengvai patekti teršalai, o iš apačios – mineralizuotas vanduo iš ikikvarterinių uolienų, kuris kartais pablogina viršutinio vandens kokybę.

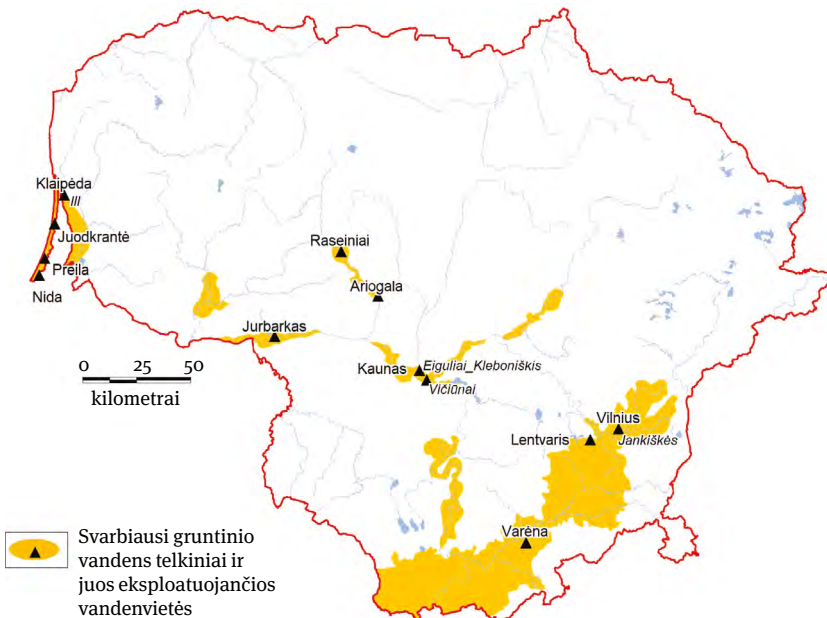
Bet kurioje Lietuvos vietoje galime rasti **gruntinio vandens**, slūgsančio pačiame kvartero dangos viršuje ant pirmojo ištisinio vandeniui nelaidaus sluoksnio. Vandeningosios nuogulos iš viršaus nepadengtos mažai laidžiu sluoksniu, todėl jų vanduo neturi spūdžio.

Gruntinis vandeningasis sluoksnis sudarytas iš įvairios kilmės grunto ir uolienų. Jo yra mažai molingame grunte, nes čia jis gali kauptis ir cirkuliuoti tik tokiam grunte susidariusiuose plyšiuose. Daugiausiai gruntinio vandens susikaupia smėlio ir žvyro sluoksniuose, kurie pasižymi dideliu laidumu. Tokie sluoksniai plačiausiai paplitę Pietryčių Lietuvoje – vadina mojoje zandrinėje lygumoje, kur susiformavo storas (30–60 m) fliuvioglacialis (ledyno tirpsmo vandenų) smėlio ir žvyro klodas. Šioje teritorijoje gruntinis vanduo slūgso negiliai – vos 1–5 m gylyje, o vietomis – iki 20 metrų. Šis vanduo yra geros kokybės, nes teritorija – mažai urbanizuota, tačiau intensyvios žmogaus veiklos zonose jis gali būti sparčiai užteršiamas. Nors šioje vietovėje įrengta daug šulinių ir gręžinių, tačiau tik Varėnoje ir Lentvaryje šis vanduo naudojamas viešajam tiekimui (10 pav.). Ledyno tirpsmo tekančio vandens nuosėdų gruntinis vanduo yra gėlas, kalcio hidrokarbonatinis. Jo mineralizacija dažniausiai yra 0,4–0,6 g/l, bendrasis kietumas – 4–6 mg-ekv/l (žr. *Lietuvos geologija*, 1994).

Panašių vandeningųjų sluoksnių yra ir kitose šalies dalyse – Žemaičių bei Baltijos aukštumose, taip pat didžiųjų upių slėniuose – Nemuno, Neries, kur upių sraunus vanduo poledynmečiu suklostė storus aliuvinių smėlio, žvyro ir gargždo sluoksnius, turinčius daug gruntinio vandens. Tokiose vietose įrengiamos didelio našumo vandenvietės, pavyzdžiui, Vilniuje (Trinapolio, Trakų Vokės), Kaune (Eigulių-Kleboniško, Vičiūnų), Alytuje, Raseiniuose ir kitur. Ypač vandeningi yra paleoįrėžiai – seni upių slėniai, užpildyti laidžiomis nuosėdomis, kuriose susidaro iki 100 m storio vandeningos stromės (žr. Gregorauskas ir kt., 2004; Diliūnas, 2008). Tai puikios vietos didelio našumo vandenvietėms įrengti. Tokios yra Jankiškių, Trinapolio vandenvietės Vilniuje (10 pav.).

Aliuvinių nuosėdų gruntinis vanduo dažniausiai yra gėlas, kalcio hidrokarbonatinis, pasižymintis nedidele mineralizacija (0,3–0,5 g/l) ir kietumu (4–5 mg-ekv/l), jo pH siekia apie 7,5. Tačiau kai kuriose vietose, ypač didžiųjų upių slėniuose, kurie dažnai sutampa su paleoįrėžiais bei tektoniniais lūžiais, susidaro palankios sąlygos giliai slūgsančiam didelės mineralizacijos požeminiam vandeniui išsiveržti į žemės paviršių. Tokiose vietose kaip Druskininkai ar Birštonas yra žinomos mineralinio vandens versmės.

Baltijos jūros ir Kuršių marių pakrantėse susikaupusios jūrinės nuosėdos taip pat sudaro reikšmingus gruntinio vandens išteklius. Gruntinis



10 pav. Gruntinio vandeningojo sluoksnio, tinkamo požeminio vandens gavybai, paplitimas (Klimas, 2006).

vanduo čia dažnai slūgso labai negiliai – vos 1–2 m gylyje, tačiau aukštesnėse kopose gali būti ir 25–55 m gylyje. Vandeningojo sluoksnio filtracinės savybės yra kintančios ir priklauso nuo smėlio rupumo. Šis vanduo svarbus Klaipėdos (III miesto vandenvietė) ir Neringos centralizuotam vandentiekiiui (10 pav.). Jūrinių nuosėdų gruntinio vandens mineralizacija nedidelė, dažniausiai 0,1–0,4 g/l, o bendrasis kietumas – 2–4 mg-ekv/l. Vandenyje vyrauja kalcio hidrokarbonatų jonai. Daugiau negu kitų genetinių tipų gruntiniame vandenyje yra organinės medžiagos ir geležies; taip pat galimas jūros poveikis – kai link sausumos vėjas nubloškia vandens purslų ir dėl to gruntiniame vandenyje šiek tiek padidėja sulfatų ir chloro jonų kiekis (žr. *Lietuvos geologija*, 1994).

Dar svarbu paminėti pelkėse susikaupusį gruntinį vandenį. Jis dažniausiai yra labai gėlas, turi daug humuso rūgščių, pasižymi žemu pH (4–6) ir labai mažu kietumu (0,2–2 mg-ekv/l). Toks vanduo susiformuoja durpynuose, kurie aptinkami lygumose, nenuotakiuose tarpupiuose ar upių slėniuose. Nors jo kiekiai riboti ir retai naudojami vandens tiekimui, jis yra svarbus ekosistemoms (žr. *Klimas*, 2006).

Be gruntinio vandens, kvartero nuogulų storumėje yra nemažai ir **tarpmoreninių sluoksnių** vandens. Tarpmoreninis požeminis vanduo kaupiasi tarp dviejų mažai laidžių sluoksnių, kuriuos paprastai sudaro molingi dariniai – moreninis priemolis, moreninis piesmėlis, aleuritas ar molis. Tarpmoreninis vanduo kaupiasi smėlio ir žvyro nuosėdose, kurios Lietuvoje paprastai randamos didesniame negu 20–30 m gylyje. Šis vanduo, skirtingai nei gruntinis, turi spūdį, kuris priklauso nuo vandeningojo sluoksnio slūgsojimo gylio (žr. *Klimas*, 2006).

Lietuvos kvartero nuosėdinėje storumėje galima išskirti penkis tarpmoreninius vandeninguosius sluoksnius:

- 1) Baltijos-Grūdų (ag III bl-gr);
- 2) Grūdų-Medininkų (ag III-II gr-md);
- 3) Medininkų-Žemaitijos (ag II md-žm);
- 4) Žemaitijos-Dainavos (ag II žm-dn);
- 5) Dainavos-Dzūkijos (ag II dn-dz).

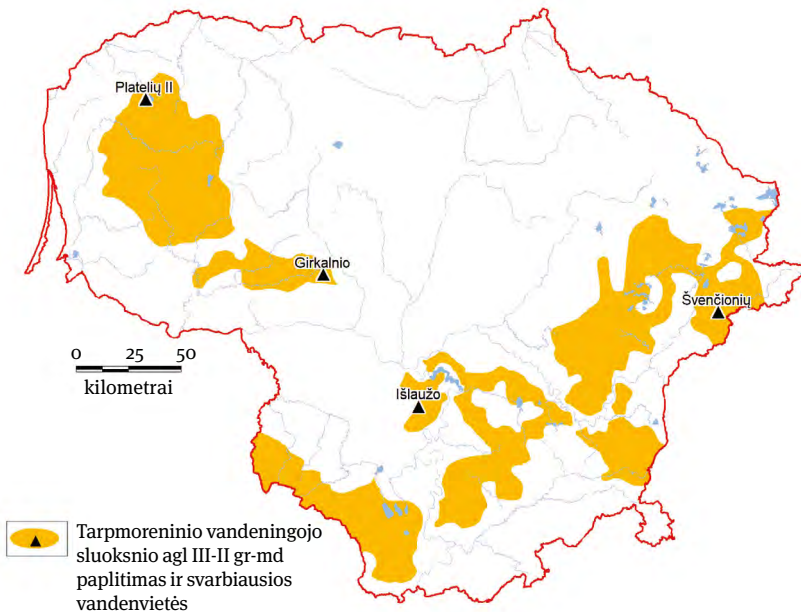
Išskiriamas ir vienas pomoreninis vandeningasis sluoksnis. Tarpmoreniniai vandeningieji sluoksniai Lietuvos teritorijoje paplitę netolygiai. Daugiausia jų yra Pietų, Pietryčių ir Rytų, taip pat Vakarų Lietuvoje – Sūduvos, Dzūkų ir Aukštaičių aukštumose bei Žemaičių kalvyne. Ištisinis paplitimas labiau būdingas Pietų ir Rytų Lietuvai. Mažiausias paplitimas sutampa su mažiausiu bendru kvartero nuogulų storiu ir būdingas Šiaurės Lietuvai, šių vandeningųjų sluoksnių visai nėra Vidurio Lietuvos lygumoje.

Tarpmoreninių vandeningų nuosėdų slūgsojimo sąlygos yra labai sudėtingos ir kintančios. Net išsamiai žvalgant dažnai sunku nuspręsti,

ar tai lęšis, ar ištisas smėlio sluoksnis. Todėl dėl regioninio turimų požeminio vandens išteklių vertinimo (Štuopis ir kt. 2008; Štuopis ir kt., 2009) supaprastinus sudėtingą kvartero dangos sandarą, buvo išskirti požeminio vandens gavybos požūriū perspektyviausi trijų tarpmoreninių sluoksnių (Grūdų-Medininkų, Medininkų-Žemaitijos, Žemaitijos-Dainavos) paplitimo plotai Lietuvoje.

Grūdų-Medininkų tarpmoreninių vandeningąjį sluoksnį sudaro Medininkų kriostadialo regresyvos fazės akvaglacialinės nuogulos, Medininkų vėlyvojo ledynmečio Pamario termostadialo nuogulos (Vakarų Lietuvoje), Merkinės tarpledynmečio nuogulos ir vidurinio Nemuno svitos nuogulos (vietomis Rytų Lietuvoje). Šiam sluoksniui galima priskirti ir viršutinio Nemuno transgresinės fazės nuogulas, užpildančias paleoįrėžius. Tačiau pastarųjų nėra daug. Nedideliais plotais šis vandeningasis sluoksnis paplitęs Sūduvos, Ašmenos, Švenčionių, Aukštaičių aukštumose bei Vakarų Aukštaičių plynaukštėje. Didesnį paplitimą matome Žemaičių kalvynų ir plynaukščių srityse (11 pav.).

Vandeningąjį sluoksnį sudaro įvairaus rūpumo smėlingi dariniai – nuo smulkaus smėlio iki žvirgždingų nuogulų. Viršutinę vandensparą, skiriančią gruntinį vandeningąjį sluoksnį nuo Grūdų-Medininkų vandeningojo sluoksnio, sudaro Grūdų laikotarpio moreninio priemolio sluoksnis. Šio sluoksnio storis yra labai įvairus. Pavieniuose plotuose, dažniausiai upių

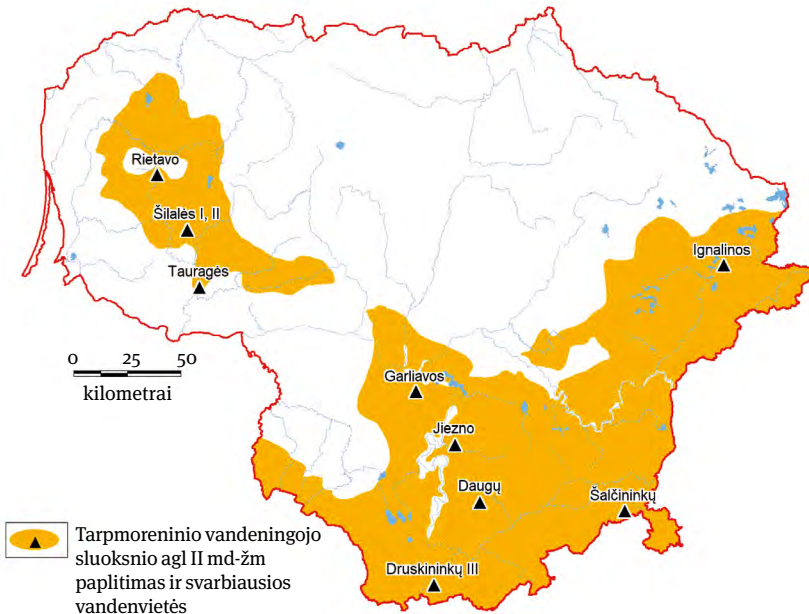


11 pav. Grūdų-Medininkų vandeningojo sluoksnio paplitimas (Štuopis ir kt., 2008; 2012).

slėniuose, ši vandenspara yra nuardyta, ir Grūdės-Medininkų vandenin-gasis sluoksnis susijungia su gruntiniu vandeninguoju sluoksniu.

Vandeningojo sluoksnio kraigo padėtis tiesiogiai priklauso nuo geo-morfologinių sąlygų. Aukščiausiai vandeningojo sluoksnio kraigas yra aptinkamas Ašmenos aukštumoje, kur jis pakyla iki 250 m absoliutaus aukščio (toliau – abs. a.), Švenčionių aukštumoje kraigas yra maždaug 200 m abs. a., Sūduvos aukštumoje – 180 m abs. a. Vakarų Žemaičių ir Nemuno žemupio lygumų rajonuose kraigas nusileidžia iki 10–40 m abs. aukščio.

Vandeningojo sluoksnio storis kinta nuo 5 iki 30 m, vyrauja 5–15 m sto-ris. Tik kai kur (paleoįrėžiuose, t. y. anksčiau susidariusiuose įrėžiuose, vė-liau užpildytuose nuosėdomis) vandeningų nuogulų storis siekia iki 80–90 metrų. Hidrodinaminis požiūriu vandeningasis sluoksnis yra spūdinis. Tik pavieniuose plotuose yra nespūdinės filtracijos sąlygos. Pjezometrinis van-dens lygis paprastai nusistovi 2–20 m gylyje, arba 20–260 m abs. aukštyje. Didžioji vandeningojo sluoksnio dalis yra regioninėje požeminio vandens mitybos srityje. Vandeningojo sluoksnio išskrovos sritimis yra dauguma upių ir ežerų. Sluoksnio nuogulos slūgso ant Medininkų kriostadialo kli-mato atšalimo metu susidariusių moreninių nuogulų. Grūdės-Medininkų tarpmoreninio sluoksnio vanduo viešajam vandens tiekimui naudojamas tik keliose didesnėse vandenvietėse (12 pav.).

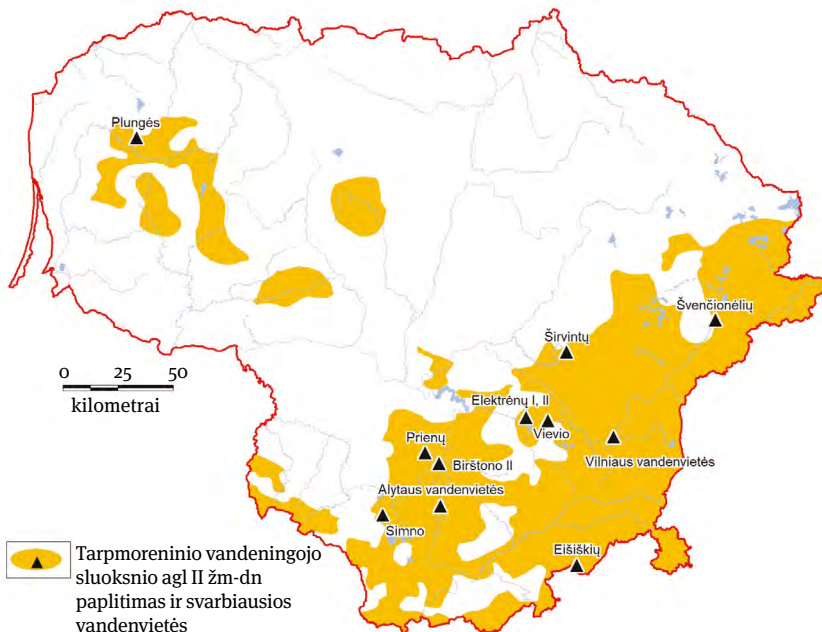


12 pav. Medininkų-Žemaitijos vandeningojo sluoksnio paplitimas (Štuopis ir kt., 2008; 2012).

Žemaitijos-Medininkų tarpmoreninį vandeningąjį sluoksnį sudaro Žemaitijos kriostadialo regresyvos fazės akvaglacialinės, t. y. ledynmečio labai šalto laikotarpio pabaigoje (kai ledynas traukėsi) ledyno tirpsmo vandenių suklostytos, nuogulos ir Medininkų kriostadialo transgresyvos fazės akvaglacialinės, t. y. ledynmečio labai šalto laikotarpio metu, kai vandens telkiniai (proglacialiniai ežerai ar jūra) plečiasi ir užlieja sausumą, tirpsmo vandenių suneštos nuogulos. Pastarosios taip pat dažnai užpildo paleoirėžius, tik čia jų mažiau nei žemiau slūgsančiuose vandeninguosiuose sluoksniuose. Sluoksnio nuogulos dažniausiai slūgso ant Žemaitijos kriostadialo moreninių nuogulų ir yra perdengtos Medininkų pagrindine morena.

Medininkų-Žemaitijos vandeningasis sluoksnis yra labiausiai paplitęs iš visų kvartero schemoje išskirtų vandeningųjų sluoksnių. Jo nėra tik Nemuno ir Neris upių slėniuose, Neris žemupio plynaukštėje, Vakarų Žemaičių požeminio vandens baseino centrinėje dalyje bei lokaliuose plotuose pietinėje ir rytinėje dalyse (13 pav.).

Sluoksnio kraigo absoliutus aukštis taip pat atkartoja dabartinį reljefą. Ypač žemai kraigas slūgso Nemuno žemupio lygumos rajone – iki 30–0 m abs. a. ir Vakarų Žemaičių lygumos rajone – iki 0–10 m abs. a. Sluoksnio kraigas yra aukščiausias Ašmenos aukštumoje, čia jis vietomis



13 pav. Žemaitijos-Dainavos vandeningojo sluoksnio paplitimas (Štuopis ir kt., 2008; 2012).

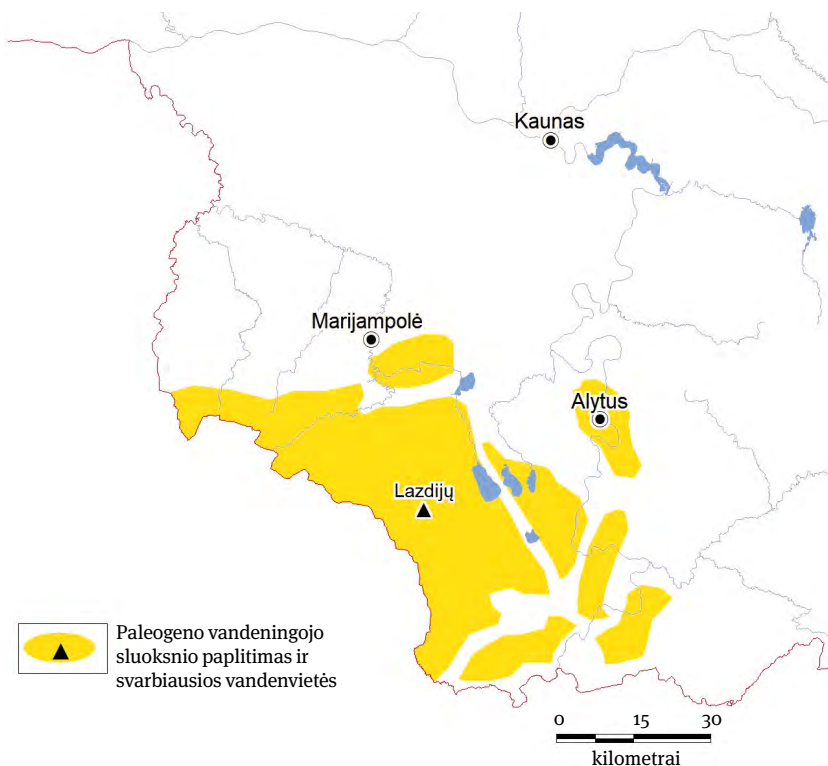
pakyla iki 200 m abs. aukščio. Švenčionių aukštumoje kraigas pakyla iki 140 m abs. a., Sūduvos aukštumoje – 150 m abs. a., o Vidurio Žemaičių aukštumos rajone – iki 110–140 m abs. aukščio.

Vandeningąjį sluoksnį sudaro įvairaus rūpumo smėlingi dariniai. Vidutinis smėlis daugiausia paplitęs Rytų Lietuvoje. Labai smulkus smėlis susitelkęs Pietų-Pietryčių Lietuvoje ir Žemaičių plynaukštėse. Molingas, aleuritingas ir aleuritinis smėlis daugiausia slūgso Pietų Žemaičių plynaukštėje, Sūduvos aukštumos srityje, taip pat Rytų Lietuvos kalvynų srityje. Kitų nuogulų paplitimas yra tolygus.

Sluoksnio storis yra nevienodas. Didžiausias (40 ir daugiau metrų) aptinkamas Švenčionių ir Ašmenos aukštumose. Vietomis pasitaikančiuose paleoįrėžiuose nuogulų storis viršija 100 m, sporadiškai paplitę vandeningojo sluoksnio plotai dažniausiai neviršija 5–10 m. Sluoksnio paplitimo vietose vyrauja 10–20 m storis. Vandeningasis sluoksnis yra spūdinis: pjezometriniis lygis aukštumų rajonuose pakyla iki 250 m abs. a., o Nemuno žemupio lygumoje nusileidžia maždaug iki 10 m abs. aukščio. Spūdis virš vandeningojo sluoksnio kraigo kinta nuo 0 iki 60 metrų. Didžioji sluoksnio dalis patenka į regioninę požeminio vandens mitybos sritį. Išimtytys – Nemuno žemupio lyguma bei Jūros ir Minijos slėniai, kur formuojasi vietinės dalinės požeminio vandens iškrovos zonos. Paviršinio vandens telkinių drenuojantis poveikis vandeningajam sluoksniui jau yra silpnesnis nei Grūdų-Medininkų vandeningajam sluoksniui, tačiau dauguma stambesnių paviršinio vandens telkinių yra jo iškrovos sritys.

Medininkų-Žemaitijos tarpmoreninio vandeningojo sluoksnio vanduo gana plačiai naudojamas viešajam vandens tiekimui. Stambiausios vandenvietės, kuriose požeminis vanduo išgaunamas iš šio sluoksnio, yra Ignalinos, Druskininkų III, Šalčininkų, Tauragės ir Šilalės (13 pav.).

Dainavos-Žemaitijos tarpmoreninį vandeningąjį sluoksnį sudaro Dainavos apledėjimo regresyvos fazės akvaglacialinės nuogulos, Būtėnų tarpledynmečio nuogulos, Žemaitijos kriostadialo transgresyvos fazės akvaglacialinės nuogulos. Pastarosios, kaip ir Dainavos-Dzūkijos nuogulos, dažnai užpildo ankstesniu laikotarpiu susidariusius paleoįrėžius, kurių čia yra daug. Šiam sluoksniui tai ypač būdinga. Sluoksnio nuogulos slūgso ant Dainavos apledėjimo moreninių nuogulų. Iš viršaus sluoksnį riboja Žemaitijos laikotarpio moreniniai dariniai. Kartais Žemaitijos-Dainavos vandeningasis sluoksnis slūgso ant Dainavos-Dzūkijos vandeningojo sluoksnio nuogulų, arba prekartero nuogulų. Labiausiai vandeningasis sluoksnis yra paplitęs Dainavos, Dzūkų, Aukštaičių ir Švenčionių aukštumų srityse, mažiau – Žemaičių kalvynuose bei plynaukštėse ir visai nedideliais plotais – Lietuvos žemumose. Vandeningasis sluoksnis visiškai neaptinkamas Šiaurės Lietuvoje (14 pav.).



14 pav. Paleogeno vandeningojo sluoksnio paplitimas
(Klimas, 2006).

Vandeningąjį sluoksnį sudaro įvairaus rūpumo smėlingi dariniai. Aukštaičių aukštumos ir Žemaičių kalvyne daugiausia paplitęs vidutinis smėlis. Smulkutis smėlis būdingas aukštumų sritims (išskyrus šiaurinę Aukštaičių aukštumos dalį). Pietų Žemaičių plynaukštėse, Švenčionių, Aukštaičių ir Sūduvos aukštumų srityse dažniau aptinkamas molingas, aleuritingas ir aleuritinis smėlis.

Vandeningojo sluoksnio padėtis vertikaliame pjūvyje, kaip ir jau aprašytų vandeningųjų sluoksnių, tiesiogiai priklauso nuo geomorfologinių sąlygų. Aukščiausias sluoksnio kraigas aptinkamas Ašmenos aukštumoje, čia jis pakyla iki 140 m abs. a., bei Švenčionių aukštumoje – iki 120 m abs. aukščio. Nemuno vidurpio plynaukštėje, Vakarų Žemaičių ir Nemuno žemupio lygumų rajonuose vandeningojo sluoksnio kraigas nusileidžia iki –40–20 m abs. aukščio.

Žemaitijos-Dainavos vandeningojo sluoksnio storis yra nevienodas – svyruoja nuo 1 iki 45 m, vyrauja 10–20 m storis, o paleoįrėžiuose gali siekti 150 m. Tokių įrėžių yra Pietryčių bei Rytų Lietuvoje – Trakų, Daugų kalvyne, Švenčionių aukštumoje. Absoliučioje aukščio skalėje pjezometrinis

vandens lygis kinta nuo 10 m iki 200 m. Aukščiausi pjezometriniai lygiai nusistovi Rytų ir Pietryčių Lietuvos aukštumų rajonuose bei Žemaičių kalvynuose. Vandens iškrovos sritimis yra tik stambiausios upės ir ežerai.

Žemaitijos-Dainavos tarpmoreninio vandeningojo sluoksnio vanduo yra svarbus gėlo požeminio vandens gavybai. Viešajam vandens tiekimui jis eksploatuojamas daugelyje Vilniaus vandenviečių, Alytuje ir kituose didesniuose miestuose (14 pav.).

Tarpmoreninių nuogulų požeminis vanduo yra gėlas, infiltracinės kilmės. Jo bendroji mineralizacija dažniausiai svyruoja nuo 0,3 iki 0,8 g/l, bendrasis kietumas siekia 4–7 mg-ekv/l, o pH vertė yra apie 7,5. Cheminėje sudėtyje vyrauja hidrokarbonatų ir kalcio jonai. Palyginti su kitais vandeningaisiais sluoksniais, tarpmoreninių nuogulų vandenyje yra daugiau geležies, jos kiekis dažnai siekia iki 1,5–3 mg/l. Aukštumų srityse, kur vyksta aktyvesnė požeminio vandens mityba, vanduo būna mažiau mineralizuotas (0,3–0,5 g/l). Iškrovos zonose, ypač tektoninių lūžių vietose, kur galimas kontaktas su giliau slūgsančiu labiau mineralizuotu vandeniu, bendroji mineralizacija gali padidėti iki 1–2 g/l (žr. Klimas, 2006; Štuopis ir kt., 2008).

Kainozojaus–mezozojaus hidrodinaminė sistema

Kainozojaus–mezozojaus hidrodinaminės sistemos uolienos yra paplitusios Lietuvos pietinėje ir pietvakarinėje dalyse. Ją sudaro paleogeno, kreidos ir jūros sistemų vandeningieji sluoksniai, slūgsantys ant triaso molio sluoksnio – regioninės vandensparos, praktiškai nelaidžios vandeniui. Šis molingas pagrindas formuoja apatinę hidraulinę sistemos ribą. Sistemos storumę sudaro įvairios kilmės nuosėdos: smėlis, molis, aleuritas, smiltainis, taip pat minkštos karbonatinės uolienos – kreida ir mergelis. Dėl šių gana minkštų uolienu dar iki atslenkant ledynams čia buvo susiformavęs raižytas reljefas. Ledynai jį dar labiau pagilino ir užpildė kvartero molingomis bei smėlingomis nuosėdomis. Todėl šios sistemos vandeningieji sluoksniai kai kur yra glaudžiai hidrauliškai susiję su kvartero vandeningaisiais sluoksniais (Gregorauskas ir kt., 2012).

Kainozojaus–mezozojaus hidrogeologinės sistemos vandeningų uolienu kraigo maksimalus slūgsojimo gylis Rytų Lietuvoje yra 270–370, o Pietvakarių – 180–220 m. Aukštumų rajonuose yra susidariusi storiausia gėlo vandens zona – iki 200–300 m (žr. *Lietuvos geologija*, 1994).

Sistemos viršuje, tiesiai po kvartero nuogulomis, santykinai nedideliame Pietų Lietuvos plote yra **paleogeno vandeningasis sluoksnis** (14 pav.). Jis slūgso maždaug 90–130 m gylyje ir yra sudarytas iš smėlio ir smiltainio, kurių bendras storis dažniausiai siekia 40–60 metrų. Dėl gerų infiltracinės mitybos sąlygų šiame sluoksnyje formuojasi gėlas hidrokarbonatinio tipo

požeminis vanduo, kurio bendroji mineralizacija dažniausiai yra 0,3–0,5 g/l. Tačiau vandenyje dažnai pasitaiko didesnis geležies kiekis – iki 7 mg/l. Kaip pagrindinis geriamojo vandens šaltinis šis vandeningasis sluoksnis naudojamas Lazdijų vandenvietėje, tačiau kitose vietovėse praktiniams poreikiams beveik nenaudojamas (žr. Klimas, 2006).

Viršutinės kreidos vandeningasis sluoksnis (K_2) yra išplitęs beveik visoje Šešupės žemumoje, o vakaruose užima beveik visą Vakarų Žemaičių moreninės lygumos pietvakarinę dalį (15 pav.). Jis slūgso tiesiai po kvartero nuogulomis, o paleogeno nuogulų išplitimo vietose – po jomis. Jo kraigas išraižytas erozinių įrėžių, upių slėnių ir senslėnių. Daugelyje vietų ne tik viršutinės, bet ir apatinės kreidos uolienos iš dalies arba visiškai nueroduotos. Dėl tos priežasties viršutinės kreidos vandeningojo horizonto kraigo absoliutus aukštis labai kinta. Apskritai, kraigo slūgsojimo gylis priklauso nuo bendro sluoksnių polinkio pietvakarių link ir nuo šiuolaikinio reljefo; aukštumose kraigas slūgso giliau, o žemumose ir upių slėniuose – arčiau žemės paviršiaus (žr. Lietuvos geologija, 1994).

Šį vandeningąjį sluoksnį sudaro minkšta balta kreida, molingas mergelis, opoka, rečiau – smėlis su molio priemaišomis. Bendra storymė siekia 100–135 m, tačiau vandeninga tik viršutinė dalis, kurios storis dažniausiai yra 30–40 m, rečiau – iki 60 m. Apatinė dalis laikoma sąlygine vandenspara.

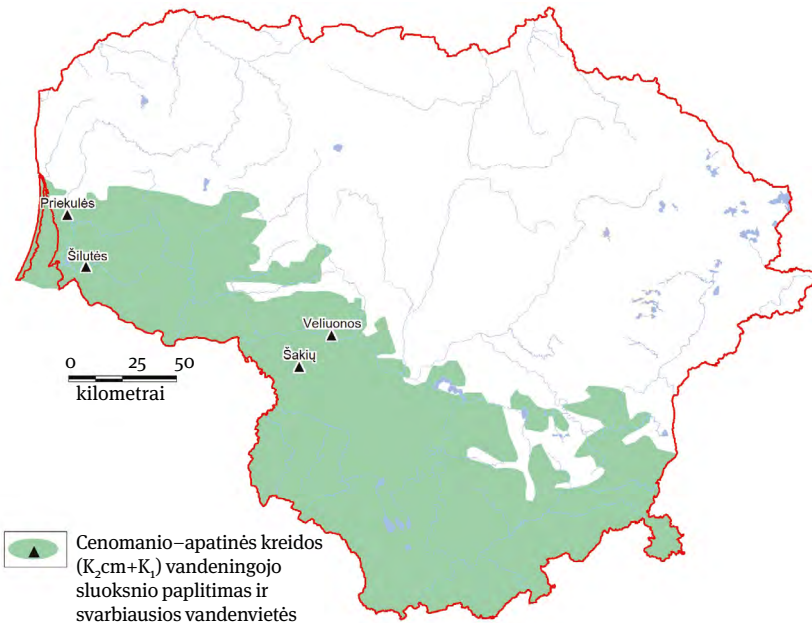


15 pav. Viršutinės kreidos vandeningojo sluoksnio paplitimas (Klimas, 2006).

Vandeningojo sluoksnio pjezometrinis paviršius, atsižvelgiant į reljefą, aptinkamas įvairiame gylyje (0–62 m). Nuo pagrindinių mitybos sričių – Žemaičių ir Sūduvos aukštumų – jis gana tolygiai žemėja link pagrindinių požeminio vandens ištakos sričių – Nemuno ir Šešupės. Maksimaliai aukštas altitudes pasiekia Sūduvos aukštumose (daugiau nei 130 m abs. a.), o Žemaičių aukštumos pakraštyje jos gerokai žemesnės (apie 50 m abs. a.).

Filtracinis laidumas įvairiose vietovėse labai skiriasi, daugelyje rajonų jis siekia 25–50 m²/d. Didžiausiu vandeningumu sluoksnis pasižymi ties Marijampolės, Vilkaviškio, Šakių, Kybartų, Kalvarijos vandenvietėmis – čia vandens pratakumo koeficiento vertės yra 200–300 m²/d (žr. Gregorauskas ir kt., 2012). Šiose vietose tai pagrindinis geriamojo vandens šaltinis, naudojamas ir viešajam vandens tiekimui (16 pav.).

Cenomanio–apatinės kreidos vandeningasis sluoksnis ($K_{2cm}+K_1$) dažniausiai slūgso po viršutinės kreidos karbonatinėmis vandeningomis uolienomis. Tiesiogiai su kvartero nuogulomis jis kontaktuoja tik šiaurinėje paplitimo dalyje ir tose vietose, kur karbonatinės viršutinės kreidos uolienos yra nueroduotos (17 pav.). Viršutinę ir apatinę sluoksnio dalis paprastai sudaro nevandeningas aleuritas ir molis, o požeminis vanduo susikaupęs vidurinėje sluoksnio dalyje glaukonitiniame žalsvame smėlyje ir smiltainyje, kuriame taip pat neretai yra tamsiai žalio aleurito tarpsluoksnių. Apskaičiuotas sluoksnio slūgsojimo gylio vidurkis – 120 m, tačiau iš



16 pav. Cenomanio–apatinės kreidos vandeningojo sluoksnio paplitimas (Klimas, 2006).

tikrųjų jis yra labai įvairus ir svyruoja nuo 20 iki 320 m. Gana kintantis ir šio vandeningojo sluoksnio storis – apskaičiuotas jo vidurkis yra 38 m (Giedraitis ir kt., 2005). Sluoksnio piezometrinis vandens lygis gilesniuose upių slėniuose pakyla iki 8 m virš žemės paviršiaus, o aukštumose jis aptinkamas iki 85 m žemiau jo.

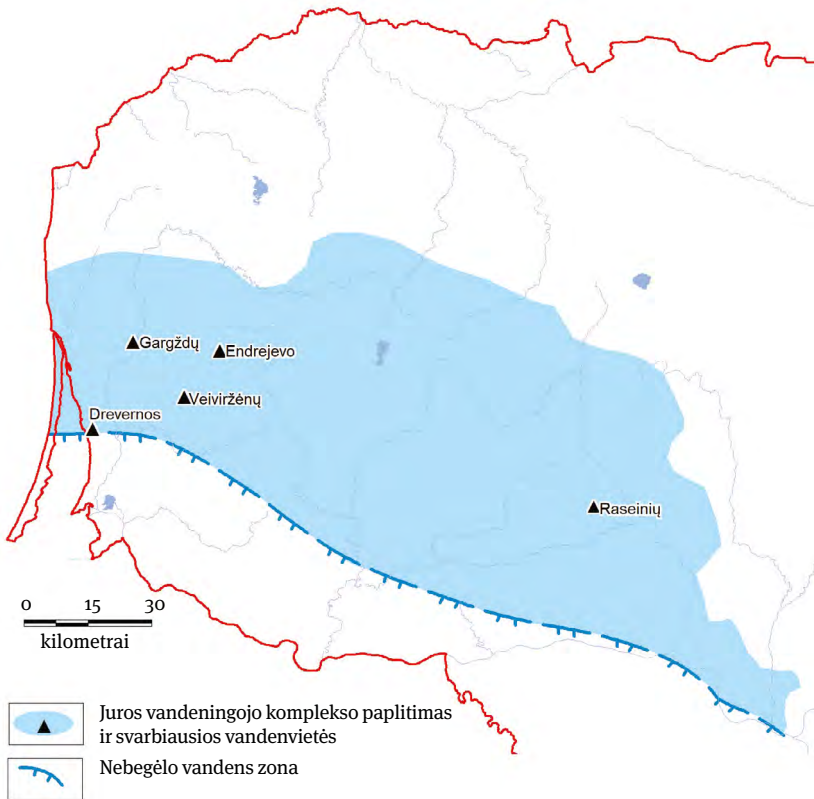
Požeminio vandens filtracijos kryptį lemia mitybos bei ištakos sričių geografinė padėtis. Viena iš vandens srauto dalių susidaro Dzūkijoje, kur piezometrinis lygis siekia 150–170 metrų. Šis srautas išsišakoja: viena jo dalis suteka į Merkį, o kita pasiekia Nemuną. Panaši situacija stebima ir Suvalkijoje, tačiau ten požeminis vanduo į Nemuną patenka iš kairiojo kranto pusės. Trečioji srauto dalis formuojasi Žemaičių aukštumoje, kur piezometrinis aukštis svyruoja tarp 100 ir 150 metrų. Iš čia vanduo teka link Nemuno žemupio, įveikdamas mažai laidžių uolienu hidraulinių pasipriešinimą, ir išteka į Nemuną. Nemuno deltos regione vandeningojo sluoksnio piezometrinis lygis beveik prilygsta jūros lygiui, o arčiau deltos pakraščiuose yra net 5–15 metrų aukštesnis.

Cenomanio–apatinės kreidos ($K_2\text{cm}+K_1$) vandeningojo sluoksnio foninė vandens pratakumo koeficiento vertė yra 50–100 m^2/d . Kaip ir viršutinės kreidos sluoksnyje, geriausios filtracinės savybės yra ties stambiausiomis vandenvietėmis: Šilutėje vandens pratakumo koeficiento vidutinės vertės siekia 250 ir daugiau m^2/d , Šakiuose – 150–200 m^2/d (žr. Gregorauskas ir kt., 2012). Šiose vandenvietėse išgautas požeminis vanduo naudojamas viešajam vandens tiekimui (17 pav.).

Hidrogeologinę sistemą iš apačios „uždaro“ viršutinės ($J_{3\text{ox}}$) ir viršutinės–apatinės jūros ($J_{3\text{cl}}+J_1$) vandeningieji sluoksniai. Jie menkai vandeningi, dažniausiai kaupiantys prastos kokybės arba netinkamą gerti vandenį. Išsamiau jie ištirti tik Klaipėdos regione, kur viršutinės jūros ($J_{3\text{ox}}$) sluoksnis kai kur naudojamas viešajam vandens tiekimui (žr. Klimas, 2006). Labiausiai $J_{3\text{ox}}$ vandeningasis sluoksnis išplitęs Klaipėdos–Gargždų apylinkėse. Čia jis slūgso maždaug 100–120 m gylyje, bet vidutinis storis dažniausiai nesiekia 20 metrų.

Vandeningas uolienas sudaro smiltainis ir dolomitas, kurie sluoksniuojasi kartu su juodu moliu. Sluoksnio filtracinės savybės yra menkos – vandens pratakumo koeficiento vertės kinta 12–125 m^2/d ribose, foninės vertės yra 30–50 m^2/d ribose. Kiek didesnės jos tik Gargždų apylinkėse – apie 120 m^2/d (žr. Gregorauskas ir kt., 2008). Piezometrinis vandens lygis žemėja pietvakarių kryptimi, artėjant prie Kuršių marių jis pakyla virš žemės paviršiaus. Viršutinės–apatinės jūros ($J_{3\text{cl}}+J_1$) vandeningasis sluoksnis apima vakarinę ir pietvakarinę Lietuvos dalį (17 pav.), tačiau jis ištirtas dar mažiau.

Vandeningąjį sluoksnį daugiausia sudaro smulkus smėlis ir smiltainis. Vietomis pasitaiko rupesnio smėlio, dar aptinkama kriauklainio, turinčio geresnes filtracines savybes. Vandeningų uolienu storis kinta nuo 3 iki 20 m,



17 pav. Jūros vandeningojo komplekso paplitimas (Gregorauskas ir kt., 2012).

dažniausiai sudaro 5–15 m. Jos slūgso gana giliai, maždaug 110–220 m gylyje. Duomenų apie sluoksnio vandens lygius – dar mažiau, bet iš esmės jie atitinka aukščiau slūgsančio J_3 ox sluoksnio vandens lygį. Vakarų Lietuvoje, Kretingos–Raseinių–Kauno ruože, kur šio sluoksnio gėlas vanduo eksploatuojamas gręžiniais, filtracinio laidumo koeficientas – 25–130 m²/d. Raseiniams, kurių apylinkėse yra labai nedaug požeminio vandens, tiekiamas kelovėjo–apatinės jūros horizonto vanduo (17 pav.).

Kainozojaus–mezozojaus hidrogeologinei sistemai būdingas nevienalytis hidrocheminis požeminis vanduo, susiformavęs sudėtingomis geologinėmis, tektoninėmis ir hidrodinaminėmis sąlygomis. Šios sistemos vandeningiesiems sluoksniams būdingas glaudus ryšys su kvartero vandeningaisiais sluoksniais, todėl į juos gali patekti nemažai gėlo vandens. Tačiau einant gilyn vertikali vandens apytaka mažėja ir dėsningai didėja požeminio vandens mineralizacija. Be to, tektoninio trupinimo zonose sūrus vanduo veržiasi link žemės paviršiaus ir sudaro židininės hidrogeocheminės anomalijas (žr. *Lietuvos geologija*, 1994).

Aukštumose paplitusiose nuogulose yra mažai mineralizuotas (apie 0,4 g/l), kalcio hidrokarbonatinio tipo, infiltracinės kilmės požeminis vanduo. Jam migruojant pro glaukonito turinčius smėlį ir aleuritą (ypač apatinės kreidos (K_1) ir viršutinės jūros (J_3) sluoksnius), kalcį palaiapsniui keičia natriis, todėl vanduo įgauna natrio hidrokarbonatinio tipo savybių. Šio tipo vandens mineralizacija gali siekti 0,5–0,6 g/l, o dėl mažo kalcio ir magnio kiekio jo kietumas nėra didelis – mažesnis nei 3 mg-ekv/l (žr. Klimas, 2006).

Specifinis šios sistemos bruožas – beveik nėra sulfatinio vandens, kadangi joje neaptinkama sulfatinių uolienuų (gipso, anhidrito). Sulfatinio tipo vandens anomalija yra tik Nemuno slėnio viršutinės jūros (J_3) sluoksnyje prie Kauno, susidariusi dėl kalcio sulfatinio vandens ištakos iš gilesnių viršutinio permio sluoksnių ir šio vandens cheminės sudėties transformacijos glaukonito turtingose uolienose į natrio sulfatinio tipo vandenį (žr. Klimas, 2006).

Einant gilyn ir artėjant prie žemumų bei upių slėnių, kainozojaus–mezozojaus sistemos vandeninguosiuose sluoksniuose požeminis vanduo pereina į natrio chloridinio tipo vandenį, kurio mineralizacija didesnė nei 1–2 g/l, ir Nemuno žemupyje pasiekia iki 10 g/l viršutinės jūros (J_3) sluoksnyje. Pro tektoninius lūžius bei palaidotus slėnius šie stipriai mineralizuoti vandenys migruoja aukštyn, pasiekdami apatinės ir viršutinės kreidos sluoksnius bei sudarydami židininio pobūdžio anomalijas (žr. Gregorauskas ir kt., 2012). Tokios mineralinio vandens anomalijos žinomos Druskininkuose ir Birštone.

Viršutinio paleozojaus hidrodinaminė sistema

Viršutinio paleozojaus hidrodinaminė sistema – tai svarbi požeminio vandens sistema, kurią sudaro keletas vandeningųjų sluoksnių ir kompleksų, turinčių praktinę reikšmę viešajam vandens tiekimui, ypač Žemaitijos regione. Pagrindiniai šios sistemos elementai yra viršutinio permio (P_2) vandeningasis sluoksnis bei viršutinio devono (D_3 fm) vandeningasis kompleksas, kuriame vietomis išskiriamas Žagarės (D_3 žg) vandeningasis sluoksnis, o sistemos apačioje – jau franio aukštui (t. y. viduriniam paleozojui) priklausantys vandeningieji sluoksniai – Kruojos (D_3 kr) ir Stipinų (D_3 st). Kruojos vandeningasis sluoksnis priskiriamas ir famenio vandeningajam kompleksui. Vietomis, tarp permio ir devono sluoksnių, šiaurės vakaruose randamos ir apatinio karbono (C_1) vandeningos nuogulos (žr. Gregorauskas ir kt., 2003; Giedraitis ir kt., 2005).

Viršutinio paleozojaus hidrodinaminę sistemą iš viršaus izoliuoja apatinio triaso (T_1) molio stormė – regioninė vandenspara, tačiau rytinėse ir šiaurės rytinėse teritorijos dalyse šie sluoksniai išsiplėšėja,

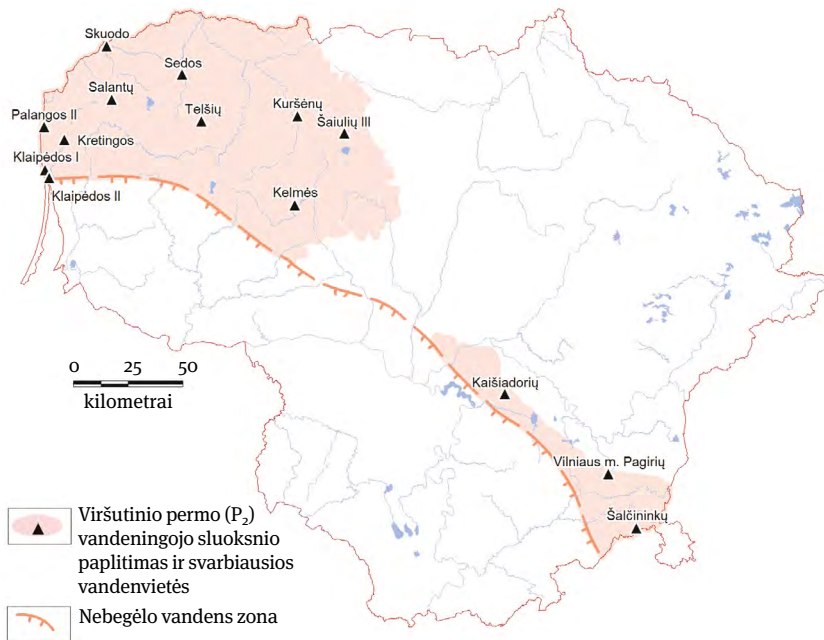
todėl vandeningieji sluoksniai iškyla arčiau žemės paviršiaus ir gali turėti ryšį su paviršiniu vandeniu. Sistemą sudaro karbonatinės uolienos – klintis vyrauja viršutinio permio (P_2) vandeningajame sluoksnyje, o dolomitas – viršutinio devono (D_3) vandeninguosiuose sluoksniuose. Apatinėje sistemos dalyje yra silpnai vandeningas arba visai nevandeningas viršutinio devono Pamūšio svitos (D_{3pm}) mergelis, kurio storis siekia daugiau kaip 70 m – jis izoluoja sistemą iš apačios.

Geografiškai viršutinio paleozojaus hidrodinaminės sistemos paplitimo riba rytuose sutampa su D_3st vandeningojo sluoksnio paplitimu. Pietvakarių kryptimi sistemos sluoksniai grimzta į sulėtėjusios vandens apytakos zoną, kur formuojasi mineralinis požeminis vanduo, todėl gėlo vandens išplitimo riba čia laikoma ir šios hidrodinaminės sistemos riba. Vakaruose sistema tęsiasi po Baltijos jūra, kurios dugne, 30–40 km nuo kranto, atsidengia ją sudarantys permio ir devono sluoksniai. Šiaurėje sistema pereina į Latvijos teritoriją, čia jos vandeningieji sluoksniai išsiplėšėja (žr. Gregorauskas ir kt., 2003).

Viršutinio permio (P_2) vandeningasis sluoksnis yra paplitęs vakarinėje ir pietvakarinėje Lietuvos dalyse (18 pav.). Jį sudaro poringa, vietomis kaverninė ir plyšiuota klintis bei dolomitas. Sluoksnio storis svyruoja nuo 10 iki 40 metrų. Jo kraigas nuosekliai gilėja nuo šiaurės rytų į pietvakarius – jei šiaurės rytuose jis yra 40–50 m absoliučiam aukštyje, tai Nemuno žemupyje jau pasiekia beveik 500 m absoliutų gylį. Pietinėje Lietuvos dalyje šis sluoksnis menkai ištirtas, o dėl prastų filtracinių savybių praktiškai nėra eksploatuojamas. Nuo linijos Klaipėda–Raseiniai–Kaunas–Varėna permio pjūvyje vyrauja anhidritas. Dolomito storis vos keli ar keliolika metrų, todėl požeminis vanduo yra stipriau mineralizuotas (iki 56 g/l) ir netinkamas vartoti (žr. *Lietuvos geologija*, 1994).

Vandeningasis sluoksnis išsiplėšėja Baltijos jūros šelfe 100–120 km atstumu nuo kranto. Didžiojoje jo paplitimo teritorijos dalyje, įskaitant ir jūros šelfą, permio uolienos slūgso po 150–200 m storio triaso molio danga, kuri veikia kaip regioninė vandenspara. Ji riboja vertikalią vandens apykaitą, todėl sluoksnis nepasipildo geros kokybės vandeniu iš viršaus. Visgi vietomis ši vandenspara yra perrėžta palaidotų slėnių, per kuriuos vyksta sąveika su viršutinių sluoksnių vandenimis ir paviršiniu vandeniu. Tik rytinėje ir šiaurės rytinėje regiono dalyse permio uolienos iškyla į prekartero paviršių, ir čia kritulių vanduo jas gali pasiekti per ploną, mažiau nei 10 m storio, kvartero dangą (Gregorauskas ir kt., 2003).

Yra dvi pagrindinės permio vandeningojo sluoksnio mitybos sritys. Pirmoji – Žemaičių aukštuma, kur pjezometrinių lygių siekia 115–85 m. Iš čia dalis požeminio vandens nuteka į Ventą ir jos intakus, o kita dalis keliauja vakaruose link Baltijos jūros, išsikraudama maždaug už 30–40 km nuo kranto. Šios zonos vandenį naudoja Klaipėdos, Kretingos, Palangos,



18 pav. Viršutinio permo vandeningojo sluoksnio paplitimas (Gregorauskas ir kt., 2003). Boro koncentracija požeminiame vandenyje (Kadūnas ir kt., 2018).

Šventosios, Salantų, Sedos, Telšių, Kuršėnų, Kelmės ir kitų miestų vandenvietės. Antroji mitybos sritis yra Baltijos aukštumų pietvakariuose, kur pjezometrinis lygis siekia 100–150 m. Šioje teritorijoje dalį srauto drenuoja Nemunas su intakais, ypač Nerimi. Šios permo sluoksnio dalies gėlas vanduo naudojamas Vilniaus, Jonavos, Kaišiadorių ir Elektrėnų viešajam vandens tiekimui (18 pav.).

Sluoksnio filtracinės savybės labai priklauso nuo uolienu plyšiuotumo ir sukarstėjimo lygio. Foninis filtracinio laidumo koeficientas siekia apie 25–50 m²/d, tačiau kraštinėse vietovėse, kur permo uolienos slūgso tiesiai po kvartero dangą, šio rodiklio vertės padidėja iki 100–200 m²/d. Geriausios filtracinės savybės fiksuojamos Klaipėdos, Kretingos ir Gargždų apylinkėse. Čia dėl didelio plyšiuotumo laidumo koeficientas gali siekti net 2500–3500 m²/d (žr. Juodkasis, 1979).

Permo vandeningojo sluoksnio požeminio vandens kokybė pasižymi didele įvairove, kuri priklauso nuo geologinių sąlygų bei sluoksnio slūgsojimo gylio. Šiame sluoksnyje paplitęs tiek gėlas, tiek didesnės mineralizacijos vanduo. Gėlo vandens mineralizacija dažniausiai siekia 0,3–0,6 g/l. Iš anijonų vyrauja hidrokarbonatai, iš katijonų – kalcis, dažnai ir natrias.

Kai kuriose vietovėse fiksuojami didesni geležies (iki 1–1,5 mg/l) ir fluoro (iki 2,5–3 mg/l) kiekiai. Pajūrio zonoje, ypač Klaipėdos apylinkėse, požeminiame vandenyje randama sieros vandenilio – iki 5–6 mg/l, todėl šiose vietovėse iš vandens yra šalinami sieros junginiai ir geležis. Didesnė sulfatų koncentracija (iki 100–150 mg/l ir daugiau) dažniausiai siejama su padidėjusiu vandens kietumu, o kai kuriais atvejais – su sulfatų redukcija (Klimas, 2006).

Vandens kietumas šiame sluoksnyje yra labai įvairus – nuo gana minkšto natrio hidrokarbonatinio iki itin kieto kalcio hidrokarbonatinio tipo vandens. Kai kuriose regiono dalyse fiksuojamos didesnės permanganato skaičiaus reikšmės (daugiau kaip 5–6,5 mg O₂/l), kurios gali būti susijusios su organinių medžiagų gausa uolienose bei mikroorganizmų metabolizmu. Pajūrio zonoje nustatomos ir chloridų koncentracijos anomalijos, siejamos su jūros vandens intruzija. Kai kuriose vidinėse teritorijos vietose sumažėjęs sulfatų ir chloridų kiekis greičiausiai rodo aktyvesnę požeminio vandens cirkuliaciją bei sulfatų redukciją (žr. Gregorauskas ir kt., 2003).

Didėjant vandeningojo sluoksnio slūgsojimo gyliui ir artėjant prie anhidrito ir gipso darinių vandens bendroji mineralizacija dėsningai kinta nuo 1 iki 56 g/l (*Lietuvos geologija*, 1994).

Karbono (C₁) vandeningasis kompleksas Lietuvos teritorijoje paplitęs labai ribotai – jis aptinkamas tik šiaurės vakariniame regiono pakraštyje. Kompleksą sudaro įvairios uolienos: smėlis, smiltainis, aleuro-litas, molis, mergelis ir smėlingas dolomitas. Bendras karbono komplekso storis siekia apie 60–80 m, vandeningesnė yra 45–55 m storio viršutinė jo dalis. Apatinė dalis molingesnė ir veikia kaip sąlyginė vandenspara tarp karbono ir famenio vandeningų uolienų (Giedraitis ir kt., 2005).

Komplekso filtracinės savybės gana blogos: daugelyje vietų filtracinio laidumo koeficientas neviršija 20–40 m²/d ir tik kai kuriose vietose pasiekia 100–150 m²/d. Todėl karbono komplekso vanduo nelaikomas svarbiu požeminio vandens šaltiniu. Tačiau visame paplitimo plote požeminis vanduo yra gėlas, kalcio hidrokarbonatinio tipo ir vietomis naudojamas iš pavienių artezinių gręžinių.

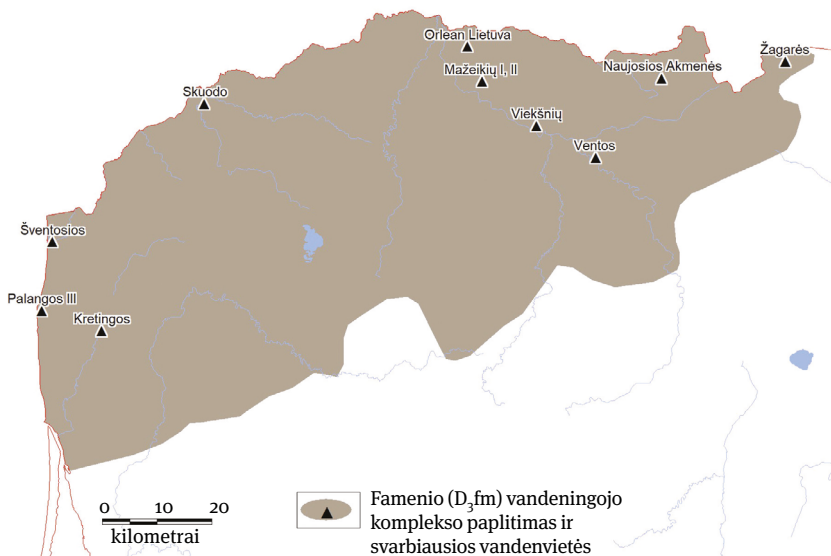
Pagrindinė šio komplekso mitybos sritis yra Latvijoje, ten jis slūgso tiesiog po kvartero danga, o jo filtracinės savybės yra geriausios. Požeminio vandens srautas iš Latvijos teritorijos dalijasi į keletą krypčių. Viena dalis nukrypsta link Ventos ir jos intakų, kur piezometrinis lygis pažemėja iki 20–40 m. Kita dalis filtruojasi link jūros – Rygos įlankos bei Palangos–Liepojos kryptimis ir išteka į Baltijos jūrą. Pajūrio ruože piezometrinio lygio absoliutus aukštis yra 10–20 m.

Vandeningasis kompleksas struktūriškai ir hidrodinamiškai yra glaudžiai susijęs su famenio kompleksu, todėl toliau jis vertinamas kaip

vienas vandeningasis kompleksas ($C_1+D_3\text{fm}$). **Famenio vandeningasis kompleksas ($D_3\text{fm}$)** yra paplitęs Šiaurės Lietuvoje ir pietvakarių kryptimi tęsiasi dar toliau nei karbono kompleksas (C_1) (19 pav.). Jį sudaro Žagarės, Švėtės, Murių, Akmenės, Kuršių, Jonišio, Šiaulių ir Kruojos svitų uolienos. Litologine sudėtimi jis panašus į karbono kompleksą, tačiau $D_3\text{fm}$ komplekse randama daugiau vandeningų prosluoksnių ir net savarankiškų sluoksnių. Abu šie kompleksai turi bendras mitybos ir drenavimo sritis (Giedraitis ir kt., 2005).

Svarbiausias famenio komplekso vandeningasis sluoksnis – Žagarės ($D_3\text{žg}$), kuris dažnai išskiriamas kaip savarankiškas 15–25 m storio poringo ir kaveringo dolomito sluoksnis. Šio sluoksnio filtracinio laidumo koeficientas foninėse zonose siekia 20–50 m^2/d , tačiau didesnio plyšiuotumo vietovėse gali siekti net 200–300 m^2/d , o Palangos vandenvietėse – net iki 2000–2500 m^2/d (Gregorauskas ir kt., 2003). Pietvakarinėje Lietuvos dalyje, išsipleišėjus karbono kompleksui, Žagarės ($D_3\text{žg}$) ir viršutinio permo (P_2) sluoksniai vietomis susijungia į vieną vientisą vandeningąjį sluoksnį. Palangos–Šventosios, o iš dalies Klaipėdos apylinkėse jis eksploatuojamas kartu su viršutinio permo vandeningojo sluoksnio vandeniu, o Mažeikiuose ir Akmenėje – atskirai (19 pav.).

Kai kurie autoriai kaip atskirą vandeningąjį sluoksnį išskiria ir giliau slūgsančias vandeningas Kruojos svitos ($D_3\text{krj}$) uolienas. Šis sluoksnis eksploatuojamas pavieniais gręžiniais Pakruojo, Radviliškio ir Šiaulių rajonuose. Jo santykinis debitas yra gana nedidelis – 0,1–5 l/s.



19 pav. Famenio vandeningojo komplekso paplitimas (Gregorauskas ir kt., 2003).

Pagal geologines sąlygas famenio kompleksas yra nevienalytis. Klaipėdos, Palangos, Šventosios ir Mažeikių apylinkėse komplekso storumė yra tektoniškai suskaidyta į blokus, sprūdžių amplitudė gali siekti 30–50 m ir dažnai viršyti paties vandeningojo komplekso storį. Tai sudaro ekranuojančių blokų sistemas, kurios iškraipo požeminio vandens srautus bei pjezometrinį paviršių, apsunkindamos išteklių vertinimą ir eksploatavimą (žr. *Lietuvos geologija*, 1994).

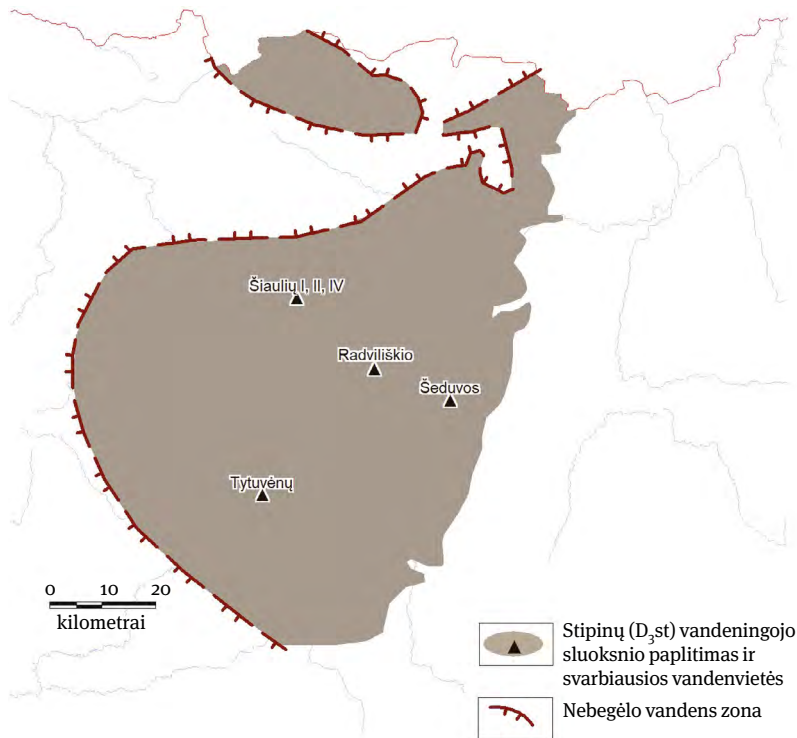
Rytinėje paplitimo dalyje, kur D_3 fm kompleksas slūgso po kvartero nuogulomis, jo uolienos pasižymi denudaciniu plyšiuotumu, kai plyšiai ir įtrūkiškai susidarė uolienose dėl išorinių ardymo procesų, o jo vandeningumas yra sporadinis. Šiame regione kompleksas storėja iki 40–60 m, tačiau filtracinės savybės čia gana menkos – filtracinio laidumo koeficientas siekia 40–50 m²/d (žr. Gregorauskas ir kt., 2003).

Sudėtingiausia požeminio vandens cheminė sudėtis būdinga šiaurės rytinei famenio komplekso paplitimo daliai. Čia vyksta regioninė vandens iškrova iš gilesnių sluoksnių, todėl vanduo pasižymi didesne mineralizacija ir dažniausiai priklauso kalcio arba natrio sulfatiniam tipui. Šias zonas supa tarpinio tipo – kalcio, natrio ar magnio hidrokarbonatinis vanduo, kuriam būdingas didesnis sulfatų kiekis. Vakarinėje teritorijos dalyje (pajūryje) vyrauja natrio karbonatinis, arba „sodos“ tipo, vanduo. Tai susiję su tuo, kad famenio kompleksas čia sudaro bendrą sistemą su virš jo esančiu P_2+D_3 žg kompleksu. Kitose famenio komplekso paplitimo vietose dažniausiai aptinkamas mažai mineralizuotas kalcio karbonatinis vanduo, kurio sudėtis artima viršutinių sluoksnių vandeniui.

Bendrasis vandens kietumas atitinka mineralizaciją: didesnis šiaurės rytinėje dalyje, kitur – nedidelis ir artimas P_2+D_3 žg komplekso vandeniui. Organinės medžiagos (pagal permanganato skaičių) famenio komplekso vandenyje yra nedaug, nes čia trūksta tiek išorinių, tiek vidinių organinės medžiagos šaltinių. Maža ir hidrokarbonatų koncentracija. Sulfatų, chloridų bei kalcio, magnio, natrio ir kalio kiekiai didėja link regioninės požeminio vandens iškrovos srities (šiaurės rytinis šio komplekso paplitimo kampas) ir kompleksui leidžiantis į gelmę pietvakarių kryptimi (Gregorauskas ir kt., 2003).

Stipinių (D_3 st) vandeningasis sluoksnis yra išplitęs Vakarų Lietuvoje, tačiau gėlas požeminis vanduo jame kaupiasi tik rytinėje paplitimo dalyje – Šiaulių, Radviliškio, Kelmės, iš dalies Pakruojo ir Raseinių rajonuose (20 pav.). Į vakarus dolomitas tampa vis molingesnis, jo vandeningumas mažėja, todėl pereinama į nevandeningas uolienas, nors ši riba yra gana neryški ir sąlyginė (*Lietuvos geologija*, 1994).

Vandeningąjį sluoksnį sudaro poringas, vietomis stipriai kaveringas dolomitas, kurio storis svyruoja nuo 7 iki 15 metrų. Rytinėje dalyje nustatytas didžiausias filtracinio laidumo koeficientas – 200–700 m²/parą. Iš šio



20 pav. Stipinų vandeningojo sluoksnio paplitimas (Gregorauskas ir kt., 2003).

horizonto išgaunamas požeminis vanduo naudojamas Šiaulių, Radviliškio ir Pakruojo miestų viešajam vandens tiekimui (20 pav.).

Iš viršaus Stipinų vandeningąjį sluoksnį dengia mažai laidžios D_3 fm komplekso uolienos: dolomitingas mergelis, aleurolitas ir molis su gipso (selenito) tarp sluoksniais, kurių storis siekia 30–50 m. Ties rytiniu paplitimo pakraščiu šis sluoksnis slūgso tiesiog po kvartero dangos nuogulomis. Iš apačios jį riboja Pamūšio svitos (D_{3pm}) molingas mergelis ir dolomitas, taip pat turintys gipso priemaišų. Šių uolienuų storis gali siekti iki 70 m. Nors jos laikomos mažai laidžiomis, vietomis jose gali būti silpnai mineralizuoto (2–3 g/l) kalcio sulfatinio vandens, kuris blogina iš D_{3st} horizonto išgaunamo vandens kokybę (žr. Gregorauskas ir kt., 2003).

Stipinų vandeningasis sluoksnis iš abiejų pusių (viršutinės ir apatinės) ribojamas gipso turinčių vandensparų, o tai daro tiesioginę įtaką požeminio vandens cheminei sudėčiai. Net ir gėlame vandenyje dažnai vyrauja ne hidrokarbonatų, bet sulfatų jonai, kurių kiekis priklauso nuo vandenvietės debito ir požeminio vandens lygio svyravimų. Eksploatacijos metu, kai pažemėja slėgis, į jį iš gretimų sluoksnių gali patekti labiau

mineralizuotas vanduo, todėl pablogėja geriamojo vandens kokybė (žr. *Lietuvos geologija*, 1994).

Šiame sluoksnyje iš esmės yra dviejų tipų vanduo. Rytinėje regiono dalyje paplitęs gėlas hidrokarbonatinis vanduo, kuris, judant į vakarus, palaipsniui pereina į silpnai mineralizuotą sulfatinį. Nors vanduo cirkuliuoja dolomite, jame dominuoja kalcio jonai, o magnio kiekis išlieka kiek mažesnis. Tai leidžia manyti, kad dedolomitizacijos procesai, lemiantys magnio gausėjimą, čia nevyksta arba yra labai riboti. Kai kur pasireiškiantis natrio jonų pagausėjimas siejamas su sulfatų redukcijos procesais (žr. Klimas, 2006).

Bendroji mineralizacija gėlo vandens zonoje (iki 1 g/l) kinta plačiame intervale – dažniausiai svyruoja nuo vidutinių iki didesnių reikšmių. Ryškios mažesnės mineralizacijos sritys tarp Šiaulių ir Radviliškio bei Šiaulių ir Kuršėnų siejamos su intensyvia šio sluoksnio eksploatacija. Įdomu tai, kad, nepaisant eksploatacijos, pačiose vandenvietėse mineralizacija dažnai būna didesnė, ir tą lemia giluminio mineralizuoto vandens prietaka, atsirandanti dėl padidėjusio spūdžių gradiento tarp eksploatuojamo ir giliau slūgsančio mineralizuoto vandens sluoksnio. O periferinėse šių depresinių sričių dalyse vyrauja gėlesnio vandens prietaka iš viršutinių sluoksnių (žr. Gregorauskas ir kt., 2003).

Vandeningajam sluoksniui būdingas didesnis vandens kietumas, o mažesnė jo vertė dažniausiai sutampa su mažesnės mineralizacijos zonomis. Cheminę sudėtį šiame sluoksnyje iš esmės lemia karbonatinėse uolienose vykstantys procesai, uolienu mineralinė sudėtis ir jų sąlytis su mikroorganizmų veikla. Bendras cheminės sudėties vaizdas atskleidžia, kad šio sluoksnio vandens cheminė sudėtis priklauso tiek nuo natūralių geocheminių procesų, vykstančių įvairiame gylyje slūgsančiuose karbonatiniuose sluoksniuose, tiek nuo antropogeninių veiksnių, ypač intensyvios vandens eksploatacijos. Sulfatų, chloridų ir kitų komponentų pasiskirstymas yra labai susijęs su bendrosios mineralizacijos dinamika ir atspindi regioninius požeminio vandens mitybos bei filtracijos ypatumus. Į vakarus nuo Kuršėnų–Kelmės ir į pietus nuo Raseinių D_3 st sluoksnyje gėlo vandens nebelyka (20 pav.) – ten slūgso tik mineralizuotas arba visiškai nevandeningas dolomitas.

Po D_3 st sluoksniu regione slūgso maždaug 70 m storio Pamūšio svitos (D_3 pm) nevandeningo ar vietomis silpnai vandeningo mergelio, dolomito, smiltainio ir molio su plonais selenito (gipso) prosluoksniais klodais, „uždarantis“ hidrogeologinę sistemą iš apačios. Dar giliau slūgso jau vidurinio paleozojaus hidrodinaminei sistemai priklausantys Įstro-Tatulos (D_3 įs-tt) ir Kupiškio-Suosos (D_3 kp-ss) kompleksai, padengti gipsu, silpnai vandeningi, kaupiantys mineralizuotą, sulfatinį vandenį (žr. Giedraitis ir kt., 2005).

Viršutinio–vidurinio paleozojaus hidrodinaminė sistema

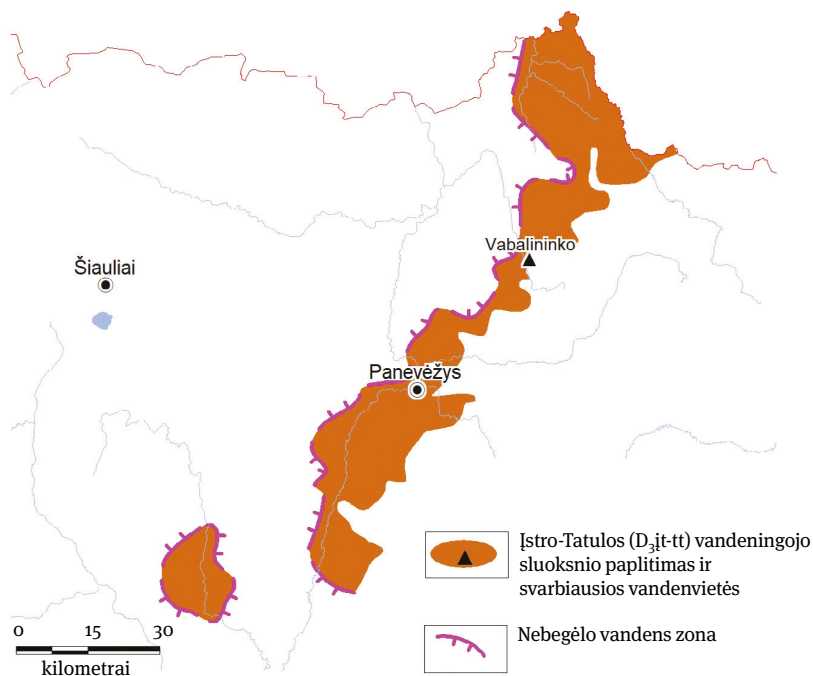
Viršutinio ir vidurinio paleozojaus sistema – labiausiai paplitusi rytinėje Lietuvos dalyje. Ją sudaro giliau viršutinio paleozojaus sistemos slūgsančios to paties devono amžiaus nuosėdos: dolomitas, smėlis, smiltainis. Vakarinėje šalies dalyje jas skiria vandeniui nelaidūs Pamūšio (D_3pm) sluoksniai, tačiau į rytus nuo Pasvalio–Kėdainių linijos šie sluoksniai išnyksta, todėl viršutinio ir vidurinio paleozojaus sluoksniai čia atsiduria tiesiai po kvartero danga. Ši danga, kaupianti gruntinį vandenį, yra storiausia rytiniuose aukštumų rajonuose (iki 180–200 m), o ploniausia – Vidurio Lietuvos šiaurinėje dalyje, Panevėžio, Kupiškio, Pasvalio ir Biržų rajonuose (nuo kelių iki 10–20 m). Po šia danga slūgso viršutinio ir vidurinio paleozojaus vandeningi ir nevandeningi sluoksniai, kurių storis svyruoja nuo kelių dešimčių metrų rytuose iki 250 m vakaruose. Šią sistemą iš apačios riboja 40–140 m storio vandeniui nelaidi Narvos (D_2nr) vandenspara, sudaryta iš molio, molingo mergelio ir dolomito.

Viršutinę viršutinio–vidurinio paleozojaus hidrodinaminės sistemos dalį sudaro 40–50 m storio dolomito ir gipso storumė, kurioje skiriami du vandeningieji sluoksniai: Įstro-Tatulos (D_3is-tt) ir Kupiškio-Suosos (D_3kp-ss), o apatinę – daugiau kaip 200 m storio Šventosios-Upninkų ($D_3šv+D_2up$) smėlio, smiltainio ir molio storumė.

Po kvartero nuogulomis vakarinėje ir šiaurės vakarinėje Lietuvos dalyje slūgso Įstro-Tatulos (D_3is+tt) vandeningasis sluoksnis (21 pav.). Geologiniais duomenimis, šį sluoksnį sudaro dvi skirtingos litologinės dalys. Įstro svita (3–8 m storio) sudaryta iš poringo dolomito, kuris rytinėje zonoje yra labiau plyšiuotas, daug kur suformavęs karstines ertmes. Giliau šios uolienos yra molingesnės, blogesnių filtracinių savybių. Tatulos dalį sudaro du 10–16 m storio gipso sluoksniai, atskirti 4–6 m storio molingo mergelio ir dolomito tarp sluoksnių. Gipso tirpimo vietose formuojasi karstiniai kolektoriai, kuriais cirkuliuoja požeminis vanduo (*Lietuvos geologija*, 1994).

Šio sluoksnio kraigo altitudės svyruoja nuo 40–60 m virš jūros lygio rytinėje ir šiaurės rytinėje dalyje (Panevėžio, Biržų apylinkėse) iki 20 m ties Kėdainiais. Į vakarus sluoksnis staigiai gilėja ir pasiekia 40–20 m abs. aukštį. Vakarinėje sluoksnio paplitimo dalyje uolienos nevandeningos arba kai kur padengtos vandeniui, nes yra molingesnės, kompaktiškesnės, turi daugiau gipso.

Rytinėje sluoksnio paplitimo dalyje uolienų filtracinės savybės labai nevienodos – jos gali svyruoti nuo 20–200 iki kelių tūkstančių m^2/d , priklausomai nuo karstinių tuštumų išplitimo. Įstro-Tatulos vandeningojo sluoksnio vidutinis storis – 10–15 m, o grimzdimo į gelmę kryptimi pasiekia 25–30 m (žr. Gregorauskas ir kt., 2008).



21 pav. Įstro-Tatulos vandeningojo sluoksnio paplitimas (Gregorauskas ir kt., 2008).

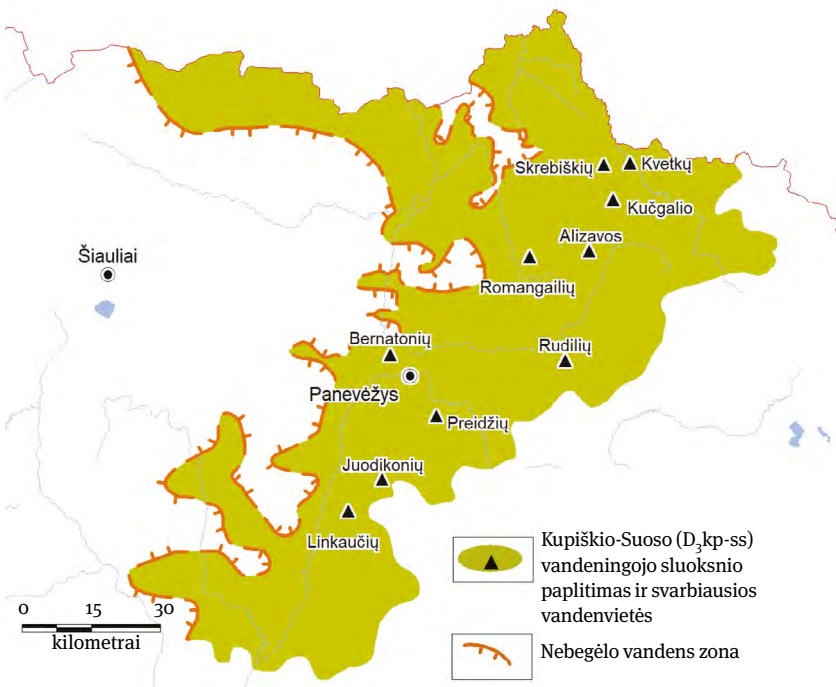
Pjezometrinio paviršiaus aukščiausios reikšmės stebimos tarp Biržų ir Rokiškio, kur vandens lygis siekia 60–70 m abs. aukštį. Vanduo iš čia filtruojasi šiaurės vakarų kryptimi link Latvijos (Bauskė, Jelgava). Tarp Panevėžio, Radviliškio ir Kėdainių yra išryškėjusi lokali mitybos sritis, iš kurios dalis vandens srauto nukrypsta tiek į rytus (link Panevėžio ir Kėdainių), tiek į vakarus ir šiaurės vakarus – Šiaulių ir Joniškio kryptimi (žr. Gregorauskas ir kt., 2008).

Nors istoriniu laikotarpiu Įstro-Tatulos vandeningasis sluoksnis buvo svarbus geriamojo vandens šaltinis daugeliui miestų (Biržams, Pasvaliui, Kupiškui, Kėdainiams), dabar jo naudojimas smarkiai sumažėjo. Šiuo metu jis eksploatuojamas tik vietinėse (pavyzdžiui, Kupiškio, Vabalninko) vandenvietėse, nes tik kai kuriuose rytinės dalies dolomito sluoksniuose dar yra šiek tiek gėlo vandens.

Įstro-Tatulos vandeningojo sluoksnio požeminis vanduo mineralizuotas (1–4 g/l) ir šiaurės Lietuvoje sudaro sluoksninę hidrogeocheminę anomaliją. Tik pačioje viršutinėje sluoksnio dalyje vietomis galima aptikti gėlo arba šiek tiek mineralizuoto vandens. Bendrąją požeminio vandens mineralizaciją šiame sluoksnyje lemia jame esantis gipsas, didinantis sulfatų koncentraciją. Didesnių šių rodiklių verčių plotai sutampa su kalcio

sulfatinio tipo vandens paplitimo plotais. Hidrocheminiai požeminio vandens rodikliai atspindi ryšį tarp vandeningojo sluoksnio hidrodinamikos ir jo apsaugos nuo paviršiaus taršos. Mažos permanganato indekso vertės būdingos upių slėniams, nes organinė medžiaga, lemianti šį rodiklį, į vandeningąjį sluoksnį patenka iš mitybos sričių, esančių už slėnių ribų. Didžiausia hidrokarbonatų koncentracija yra būtent slėniuose, nes čia vyksta intensyvesnė organinės medžiagos skaidymo reakcija. Geležies ir amonio kiekiai požeminiame vandenyje dažniausiai didėja sluoksniui tampant vis labiau izoliuotu, ypač vakarų kryptimi (žr. Gregorauskas ir kt., 2008).

Kupiškio-Suosos vandeningasis sluoksnis (D_3kp+ss) paplitęs šiaurės rytinėje Lietuvos dalyje (22 pav.). Jis slūgso į rytus nuo Rokiškio–Kupiškio–Kėdainių linijos po Įstro-Tatulos sluoksniu arba, jam išsiplėšėjus, po kvarterio nuogulomis. Šio vandeningojo sluoksnio kraigas svyruoja nuo 80–100 m iki 40–60 m virš jūros lygio, o pats sluoksnis yra 20–45 m storio. Jis sudarytas iš kaverningo bei plyšiuoto dolomito ir dolomitingo mergelio su retais molingo mergelio ir molio tarp sluoksniais. Vakarų kryptimi Kupiškio ir Suosos uolienose atsiranda gipso – šio sluoksnio uolienos tampa nelabai vandeningos (žr. *Lietuvos geologija*, 1994).



22 pav. Kupiškio-Suosos vandeningojo sluoksnio paplitimas (Gregorauskas ir kt., 2008).

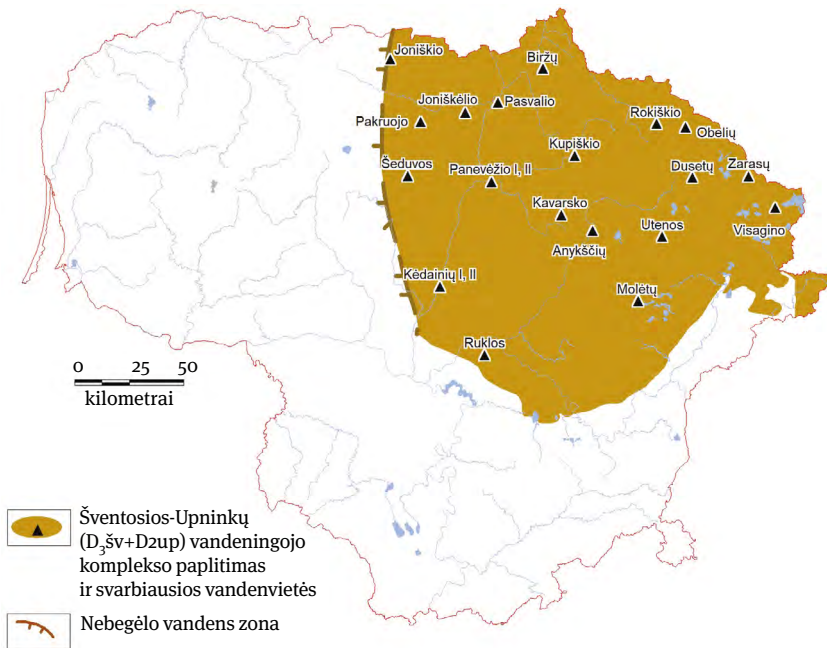
Aukščiausios pjezometrinio paviršiaus altitudės yra Kupiškio ir Rokiškio apylinkėse – 80–90 m abs. a. ir žemėja Jelgavos kryptimi iki 10–20 m abs. aukščio. Tarp Panevėžio, Radviliškio ir Kėdainių yra lokali mitybos sritis, gražinanti dalį požeminio srauto į rytus link Panevėžio ir Kėdainių, o dalį į vakarus ir šiaurės vakarus – link Šiaulių bei Joniškio. Sumažėjus vandenviečių debitui, dabartinis pjezometrinis paviršius yra artimas gamtiniam lygiui (žr. Gregorauskas ir kt., 2008).

Kupiškio-Suosos sluoksnį nuo žemiau slūgsančių vandeningų darinių skiria Jaros (D_3j) vandenspara, sudaryta iš tankaus mergelio, vidutinio storis 10 metrų. Ten, kur Kupiškio-Suosos sluoksnis slūgso tiesiog po kvartero danga, jame formuojasi gėlas (0,2–0,5 g/l) kalcio hidrokarbonatinis vanduo. Vakarų ir pietvakarių kryptimi, kur sluoksnį dengia Įstro-Tatulos vandeningos uolienos, vandens mineralizacija dažnai yra didesnė – 0,8–1 g/l. Tose vietose, kur tarp šių sluoksnių yra glaudus hidraulinis ryšys ir vertikali filtracija vyksta iš viršaus į apačią, Kupiškio-Suosos sluoksnio požeminio vandens mineralizacija dažnai yra didesnė kaip 1 g/l. Iš esmės požeminio vandens bendrąją mineralizaciją šiame sluoksnyje lemia jame esantis gipsas, didinantis sulfatų koncentraciją. Į vakarus nuo Ariogalos–Šeduvos–Joniškio linijos Kupiškio-Suosos vandeningajame horizonte aptinkama tik mineralizuoto vandens (žr. *Lietuvos geologija*, 1994).

Požeminio vandens hidrocheminiai rodikliai atspindi ryšį tarp vandeningojo sluoksnio hidrodinamikos ir jo apsaugos nuo paviršiaus taršos. Upių slėniams būdingos mažos permanganato indekso vertės, nes šias vertes lemianti organinė medžiaga į vandeningąjį sluoksnį patenka iš mitybos sričių, esančių už slėnių ribų. Hidrokarbonatų koncentracija yra didžiausia būtent slėniuose, nes čia intensyviau skaidoma organinė medžiaga. Geležies ir amonio kiekiai požeminiame vandenyje dažniausiai didėja sluoksniui tampant vis labiau izoliuotam, ypač vakarų kryptimi (žr. Gregorauskas ir kt., 2008).

Šventosios-Upninkų ($D_3šv+D_2up$) vandeningasis kompleksas yra svarbiausias gėlo požeminio vandens šaltinis Šiaurės rytų Lietuvoje. Jis plačiai išplitęs Lietuvoje, išskyrus pietinę šalies dalį – Suvalkiją ir Dzūkiją (23 pav.) bei kai kuriuos vietinius plotus giliausiuose paleoįrėžiuose. Didelį vandeningojo komplekso plotą dengia jau minėta Jaros vandenspara, pro kurią vyksta vertikali požeminio vandens apytaka. Rytinėje Lietuvos dalyje vandeningasis kompleksas slūgso tiesiog po kvartero danga ir visame plote, ypač upių slėniuose, su jos vandeniu turi labai glaudų hidraulinį ryšį.

Kompleksas apima daugybę vandeningų ir silpnai laidžių vandeniui sluoksnių. Vandeningus sluoksnius sudaro smulkiagrūdis, rečiau vidutinio grūdingumo aleuritingas silpnai sucementuotas smiltainis ir smėlis, vandeniui silpnai laidžius darinius – tankus smėlingas molis, mergelis, aleuritas ir aleurolitas, smulkiagrūdis, rečiau vidutiniško grūdėtumo smėlis.



23 pav. Šventosios-Upninkų vandeningojo komplekso paplitimas (Gregorauskas ir kt., 2008).

Rytų Lietuvoje vandeningojo komplekso kraigas aptinkamas 20–100, Vakarų Lietuvoje – 350–630 m gilyje. Vandeningojo komplekso bendras storis siekia 200 m (vietomis yra dar storesnis), efektyvus vandeningos dalies storis sudaro 40–70 % bendro storio. Didžiausias efektyvus storis (iki 140 m) fiksuojamas Panevėžio, Pasvalio, Joniškio, Kėdainių apylinkėse. Rytų ir Pietryčių Lietuvoje artėjant prie išsipleišėjimo ribos, jo storis mažėja iki 40–80 m (žr. Giedraitis ir kt., 2005).

Dėl didelio litologinio kintamumo tiek horizontalia, tiek vertikalia kryptimi kompleksas nėra aiškiai suskaidomas į atskirus vandeningus sluoksnius, tačiau galima išskirti viršutinę ir apatinę komplekso dalis, pasižyminčias skirtingomis vandens spūdžio ir požeminio vandens mineralizacijos rodiklių vertėmis. Hidrogeologiškai Šventosios-Upninkų kompleksas yra gerai izoliuotas: jis slūgso ant Narvos vandensparos, kuri jį atskiria nuo gilesnių devono terigeninių sluoksnių.

Aukščiausias pjezometrinis lygis (120–150 m abs. a.) yra regioninėje mitybos srityje – Baltijos aukštumose. Nuo čia požeminio vandens srautas šiame komplekse yra nukreiptas į vakarus ir šiaurės vakarus – link Baltijos jūros. Pakeliui dalis vandens išsikrauna į didesnes upes – Nerį, Šventąją, Nevėžį. Ties jų slėniais pjezometrinis lygis žemėja iki 60–80 m abs. aukščio. Vakarų Lietuvoje jis žemiausias – 10–20 metrų.

Šventosios-Upninkų vandeningojo komplekso filtracinės savybės yra nevienodos. Jas lemia uolienuų granulimetrinė sudėtis, molingumas, cementacija bei tarpsluoksnių storis, kuris gali svyruoti nuo 1 iki 25 metrų. Gręžinių debitai paprastai siekia 0,1–2,5 l/s (dažniausiai 0,4–1 l/s), kai kur gali siekti net 5–6 l/s. Filtracijos koeficiento reikšmės svyruoja nuo 1–4 iki 10–15 m/d, vyraujanti vertė – 7–10 m/d. Filtracinio laidumo koeficiento vertės siekia nuo 50–100 iki 600 m²/d. Didžiausios jos yra Panevėžio, Pasvalio, Joniškio rajonuose – 560–600 m²/d, kiek mažesnės ties Utena, Kėdainiais, Jonava, Biržais, Anykščiais, Visaginu – 450–500 m²/d (Gregorauskas ir kt., 2008). Išskirtinė – net 3 500 m²/d – vertė nustatyta Ukmergės vandenvietėje, kur Šventosios-Upninkų ir kvartero tarpmoreniniai sluoksniai sudaro bendrą vandeningąjį kompleksą (žr. Marcinonis, 1991). Komplekso vanduo eksploatuojamas daugelyje Lietuvos miestų ir miestelių – Panevėžio, Kėdainių, Utenos, Biržų, Pasvalio, Rokiškio, Zarasų, Visagino, Joniškio, Pakruojo vandenvietėse (23 pav.).

Kaip jau minėta, Šventosios-Upninkų vandeningasis kompleksas skirstomas į viršutinę ir apatinę dalis, kurių vandens cheminė sudėtis skiriasi. Gėlas vanduo šiame komplekse dažniausiai pasižymi 0,4–0,8 g/l mineralizacija, vyrauja hidrokarbonatų ir kalcio jonai. Daugelyje vietų pastebėtas didesnis geležies kiekis – iki 1,5–2,5 mg/l. Viršutinėje dalyje kai kur padidėja sulfatų ir bendros mineralizacijos lygis, o tai susiję su kalcio ir natrio tipo vandens paplitimu. Pietvakarių kryptimi vandens kokybė blogėja: daugėja chloridų, atsiranda chloridinio natrio ir kalcio tipo vanduo, kurio kilmė siejama su giluminiais vandenimis. Nevėžio ir Šventosios tarpupyje stebimas didesnis vandens kietumas – tikriausiai dėl paviršinio arba gruntinio vandens poveikio. Apatinėje dalyje šie skirtumai dar ryškesni, ypač pagal mineralizacijos, sulfatų ir chloridų koncentracijas, o tai rodo gilesnių vandenų įtaką. Šventosios ir Nevėžio tarpupyje pastebimas organinės medžiagos ir hidrokarbonatų pagausėjimas, o mažesnė geležies koncentracija gali reikšti, kad čia į apatinius sluoksnius patenka labiau deguonies prisotintas vanduo (žr. Gregorauskas ir kt., 2008). Į vakarus nuo Kėdainių–Pakruojo linijos komplekso apačioje atsiranda mineralizuotas vanduo, o Šiaulių–Joniškio ruožo komplekse gėlas vanduo baigiasi (žr. *Lietuvos geologija*, 1994).

Probleminiai cheminiai elementai gėlo požeminio vandens sudėtyje

Požeminis vanduo Lietuvoje, kaip jau ne kartą minėta, yra pagrindinis geriamojo vandens šaltinis, todėl jo kokybė turi tiesioginę įtaką visuomenės sveikatai ir aplinkos būklei. Tačiau natūralios geocheminės sąlygos, žmogaus ūkinė veikla bei taršos šaltiniai lemia, kad tam tikrų cheminių elementų koncentracija kartais viršija geriamajam vandeniui leistinas

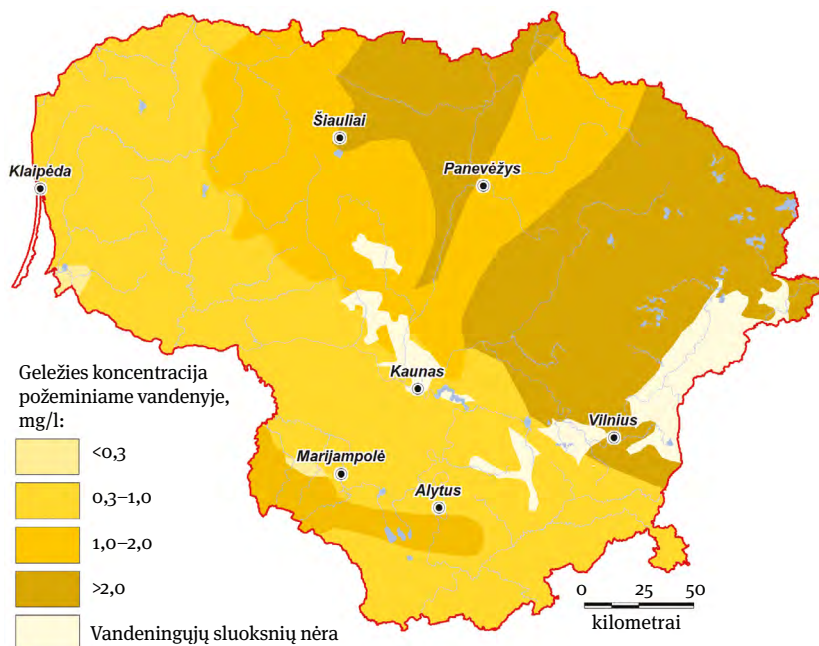
normas. Šiame skyriuje apžvelgiami dėl natūralių geocheminių sąlygų dažniausiai pasitaikantys probleminiai cheminiai elementai gėlame požeminiame vandenyje – geležis, manganas, fluoras, boras, jų kilmės priežastys, paplitimo ypatumai ir poveikis vandens kokybei.

Viena iš dažniausių natūralių probleminių priemaišų požeminiame vandenyje yra geležis. Nors mažas geležies kiekis žmogaus sveikatai nėra pavojingas, tačiau jo perteklius gali pabloginti vandens skonį, pakeisti spalvą ir kvapą bei kenkti buitiniams vandens tiekimo sistemoms. Pagal Lietuvos higienos normą HN 24:2023, leidžiama geležies koncentracija geriamajame vandenyje neturi viršyti 0,2 mg/l. Geležies koncentraciją požeminiame vandenyje lemia vandeningųjų sluoksnių mitybos sąlygos, organinių medžiagų kiekis, gelžbakterės. Požeminiame vandenyje geležis daugiausia būna divalentės geležies jonų Fe^{2+} arba hidratuotų jonų nuo $Fe(OH)^+$ iki $Fe(OH)_3$ formos (Klimas, 2006).

Dėl didesnės geležies koncentracijos be jokio valymo tinkamo vartoti požeminio vandens Lietuvoje turime labai nedaug. Tik kai kur upių slėniuose aliuvyje pasitaiko gruntinio vandens, o mažuose plotuose apatinės ir viršutinės kreidos nuogulose – tarp sluoksnių vandens, kuriame geležies yra mažiau nei 0,3 mg/l (24 pav.). Kvartero vandeninguosiuose sluoksniuose dėl sudėtingos geologinės sandaros ir skirtingų mitybos sąlygų sunku išryškinti geležies koncentracijos paplitimo tendencijas. Vyraujanti 0,3–1,0 mg/l geležies koncentracija yra vakarinėje ir pietvakarinėje Lietuvos dalyje, įskaitant Klaipėdos, Marijampolės bei dalies Kauno ir Šiaulių regionų prekvartero vandeninguosius sluoksnius. Nors ši koncentracija nėra didelė, ji vis tiek gali lemti organoleptinių savybių – vandens skonio, kvapo ir spalvos – pokyčius.

Geležies koncentracija, siekianti 1,0–2,0 mg/l, prekvartero vandeninguosiuose sluoksniuose paplitusi aplink dalį Šiaulių, Panevėžio ir Kauno regionų, taip pat pietinėje Alytaus apskrities dalyje (24 pav.). Kad jį būtų galima vartoti, požeminis vanduo turi būti nugeležinamas. Didžiausios geležies koncentracijos, viršijančios 2,0 mg/l, paplitusios šiaurės rytinėje ir pietrytinėje šalies dalyse, apimančiose dalį Vilniaus, Utenos ir Švenčionių rajonų (Jurevičius, 1997).

Didesnę geležies koncentraciją požeminiame vandenyje paprastai lydi ir didesnis mangano kiekis. Manganas yra būtinas mikroelementas žmogaus organizmui, tačiau požeminis vanduo nėra pagrindinis jo šaltinis. Dėl mangano pertekliaus gali neigiamai pakisti vandens organoleptinės savybės: atsirasti nemalonūs skonis ir kvapas, susidaryti drumzlės, rudos ar juodos spalvos nuosėdos. Todėl vandens kokybės reikalavimai grindžiami ne tik sveikatos apsaugos, bet ir estetiniais bei techniniais tikslais. Pagal Lietuvos higienos normą HN 24:2023, leidžiama mangano koncentracija geriamajame vandenyje neturi viršyti 0,05 mg/l.

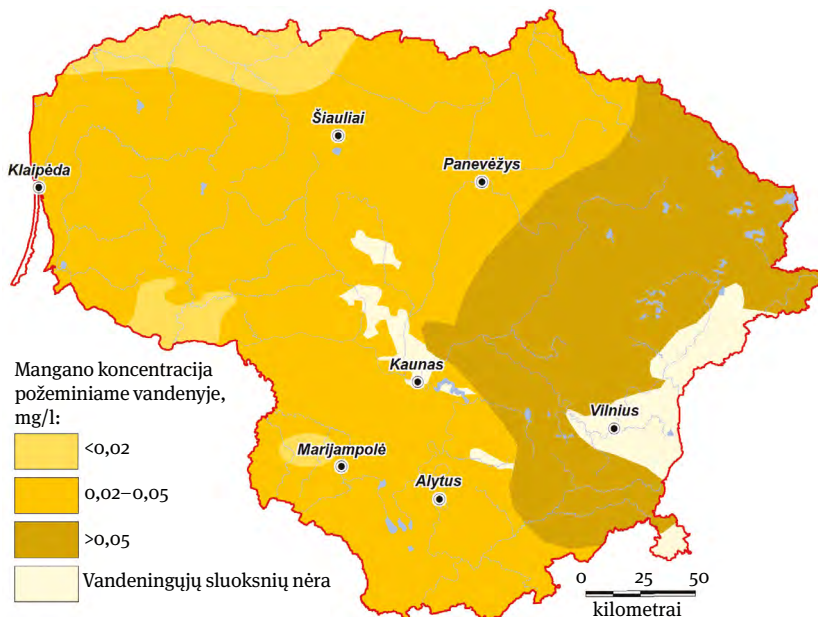


24 pav. Geležies koncentracija pokvartero vandeninguosiuose sluoksniuose (Kadūnas ir kt., 2018).

Mangano koncentracija požeminiame vandenyje priklauso nuo geologinių sąlygų, organinių medžiagų kiekio bei vandens cheminės sudėties. Dažniausiai didesni mangano kiekiai požeminiame vandenyje randami redukciniuose (deguonies stokojančiuose) aplinkose, kur kartu gausu ir divalentės geležies. Ypač manganui palankios sąlygos formuojasi gilesniuose vandeninguosiuose sluoksniuose, kur vandens apykaita su paviršiumi yra ribota (žr. Diliūnas ir kt., 2002).

Lietuvos gėlas požeminis vanduo pasižymi gana didele mangano koncentracija. Daugiau nei 40 % ištirtų eksploatacinių požeminio vandens išteklių mangano kiekis viršija 0,1 mg/l. Beveik pusėje kiekio į miestų vandentiekio tinklus tiekiamo požeminio vandens mangano koncentracija siekia daugiau nei 0,1–0,2 mg/l. Jei kvartero vandeninguosiuose sluoksniuose sunku įžvelgti ryškius mangano koncentracijos pasiskirstymo dėsnumus, tai prekvartero vandeninguosiuose sluoksniuose didžiausia mangano koncentracija vyrauja rytinėje šalies dalyje – ji požeminiame vandenyje yra didesnė nei 0,05 mg/l. Mažiausia mangano koncentracija (mažiau nei 0,02 mg/l) yra vakarinėje ir atskiruose nedideliuose plotuose – pietvakarinėje dalyje (25 pav.).

Su geležimi ir manganu yra susijusios dvi geriamojo vandens kokybę bloginančios savybės – spalva ir drumstumas – pasireiškia tik pakėlus

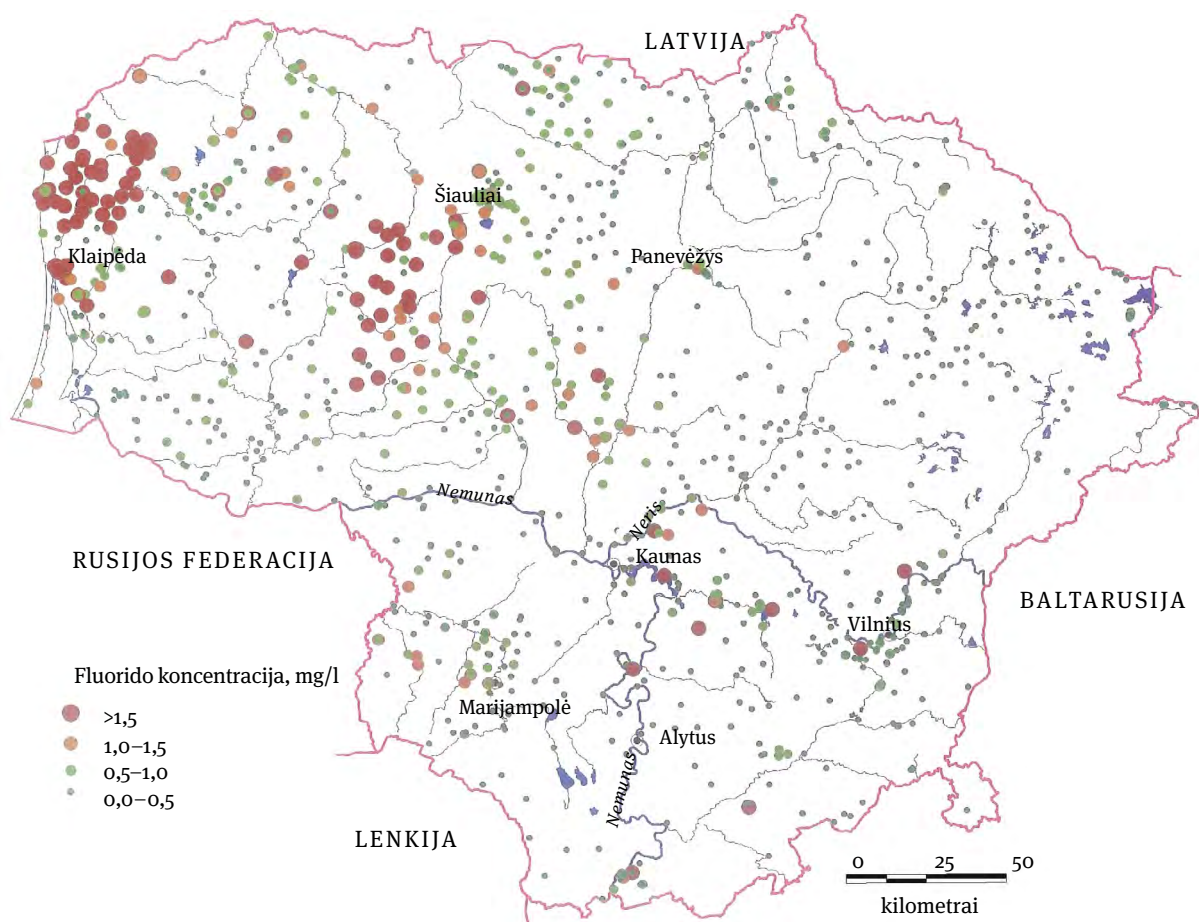


25 pav. Mangano koncentracija pokvartero vandeninguosiuose sluoksniuose (Kadūnas ir kt., 2018).

požeminių vandenį žemės paviršiu, nes dėl čia susidariusių minėtų metalų oksidų ir hidroksidų formuojasi spalvotos drumzlės (žr. Klimas, 2006).

Dar vienas natūraliai susidarantis, tačiau problemiškas vandens cheminės sudėties elementas yra fluoridas. Nedidelė fluorida koncentracija vandenyje yra svarbi žmogaus sveikatai, nes stiprina dantų emalį ir užkerta kelią eduoniui. Tačiau per didelis (daugiau nei 1,5 mg/l) fluorida kiekis geriamajame vandenyje, ypač vartojant ilgą laiką, gali neigiamai paveikti sveikatą – sukelti dantų emalio pažeidimus ar net kaulų fluorozę. Dar didesnės fluorida dozės gali pažeisti kaulus ir kitas organizmo sistemas. Pagal Lietuvos higienos normą HN 24:2023, kaip ir daugelyje Europos šalių, didžiausia leidžiama fluorida koncentracija geriamajame vandenyje yra 1,5 mg/l. Mineraliniame vandenyje šis kiekis gali siekti iki 5 mg/l.

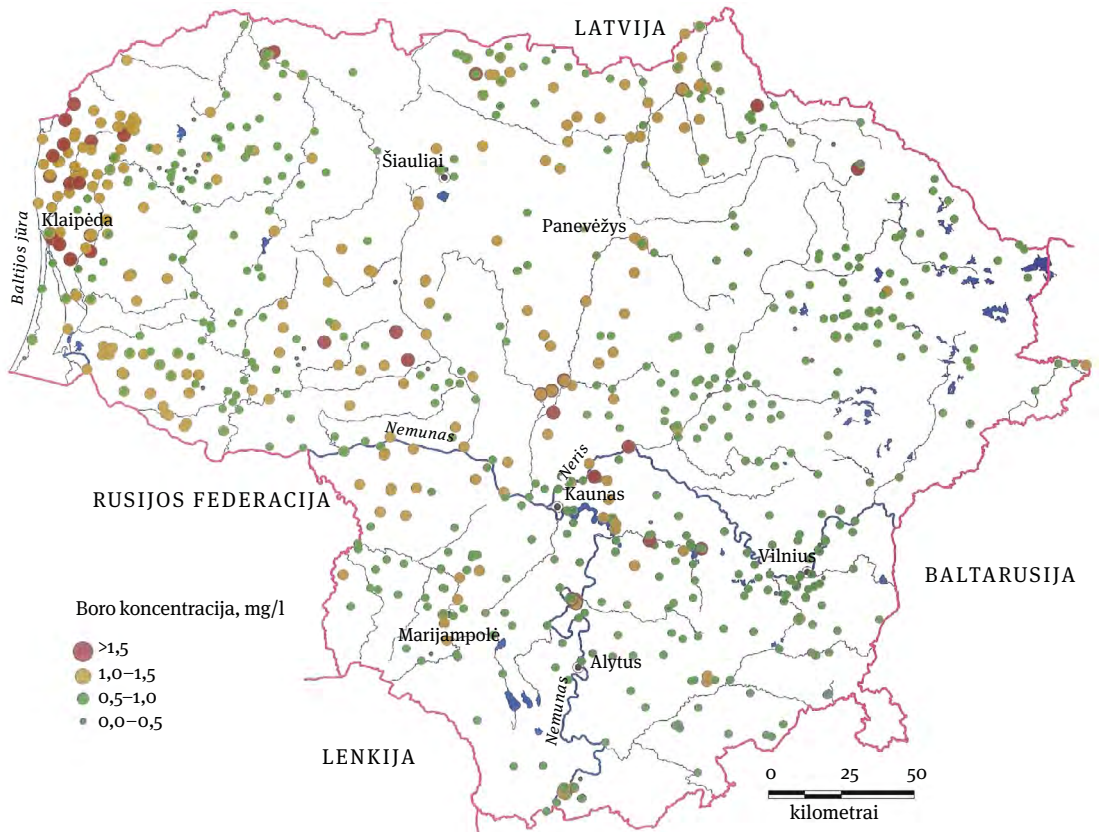
Lietuvos požeminiame vandenyje fluorida koncentracija dažniausiai yra nedidelė ir neviršija nustatytų normų. Tačiau Vakarų Lietuvoje yra išryškėjusi fluorida anomalija viršutinio permio (P_2) Žagarės (D_3 žg) vandeninguosiuose sluoksniuose ir ji susijusi su šarmingo natrio hidrokarbonatinio tipo vandens išplitimu plyšiuotos klinties ir dolomito sluoksniuose (26 pav.). Čia požeminiame vandenyje fluorida koncentracija dažnai viršija saugią 1,5 mg/l ribą. Apie 40 % Akmenės, Mažeikių, Šiaulių rajonuose tirtų vandenviečių ir apie 2/3 Kelmės, Telšių, Klaipėdos, Plungės,



26 pav. Fluorido koncentracija požeminiame vandenyje (Kadūnas ir kt., 2018).

Kretingos ir Skuodo ištirtų gręžinių vandenyje fluorido koncentracija yra didesnė nei 1,5 mg/l, o didžiausia koncentracija siekia net 5–6 mg/l (žr. Gregorauskas ir kt., 2003). Daugelyje vandenviečių fluoridas šalinamas iš vandens, kad jį būtų saugu vartoti.

Kai kuriuose Vakarų Lietuvos vandeninguosiuose sluosniuose daugoka boro. Boras yra svarbus žmogaus organizmui, tačiau per dideli



27 pav. Boro koncentracija požeminiame vandenyje (Kadūnas ir kt., 2018).

kiekiai gali sutrikdyti sveikatą, pvz., sukelti virškinamojo trakto, nervų sistemos ir inkstų negalavimus, sudirginti odą ir kvėpavimo takus. Pagal Lietuvos higienos normą HN 24:2023, didžiausia leidžiama boro koncentracija geriamajame vandenyje yra 1,5 mg/l. Pasaulio sveikatos organizacija rekomenduoja 2,4 mg/l boro koncentracijos ribą geriamajame vandenyje. Tokia riba taikoma ir Lietuvos vandenvietėse, kuriose dėl geologinių sąlygų – boro kiekio vandeningose uolienose ir vandeningųjų sluoksnių geocheminės aplinkos – gali susidaryti didelė šio elemento koncentracija požeminiame vandenyje.

Kadangi boro mineralai yra gana tirpūs, jų aptinkama tik tam tikrose geologinėse uolienose ir vandeninguosiuose sluoksniuose, kuriuose yra palankios sąlygos jiems tirpti. Didesnės boro koncentracijos randamos smulkiadispersinėse molingose uolienose, kurios susiformavo didelio druskingumo vandens baseinuose. Lietuvoje tokių uolienų gausu, ypač jūros, kreidos ir devono dariniuose, todėl požeminiame vandenyje, cirkuliuojančiame pro šiuos sluoksnius, galima pastebėti šio elemento koncentracijos anomalijas. Lietuvoje nedidelių boro anomalijų pasitaiko požeminiame vandenyje, susikaupusiam karbonatinėse viršutinio permio, viršutinio devono (D_3 žg) ir jūros uolienose (Klimas, 2007). Minimali boro koncentracija yra vandeningųjų sluoksnių išplitimo pakraštinėse zonose, jų mitybos srityse, pavyzdžiui, Rytų Lietuvoje, ir didėja tų sluoksnių grimzdimo į gelmę kryptimi (Vakarų, Pietvakarių Lietuva). Boro anomalijos (0,5–1,0 mg/l koncentracija) išplitusios pereinamosiose zonose iš gėlo vandens į mineralizuotą, todėl jos yra pastebimai didesnės ir mineralizuoto vandens ištakos zonose, pavyzdžiui, Nemuno, Šešupės, Nevėžio slėniuose (27 pav.).

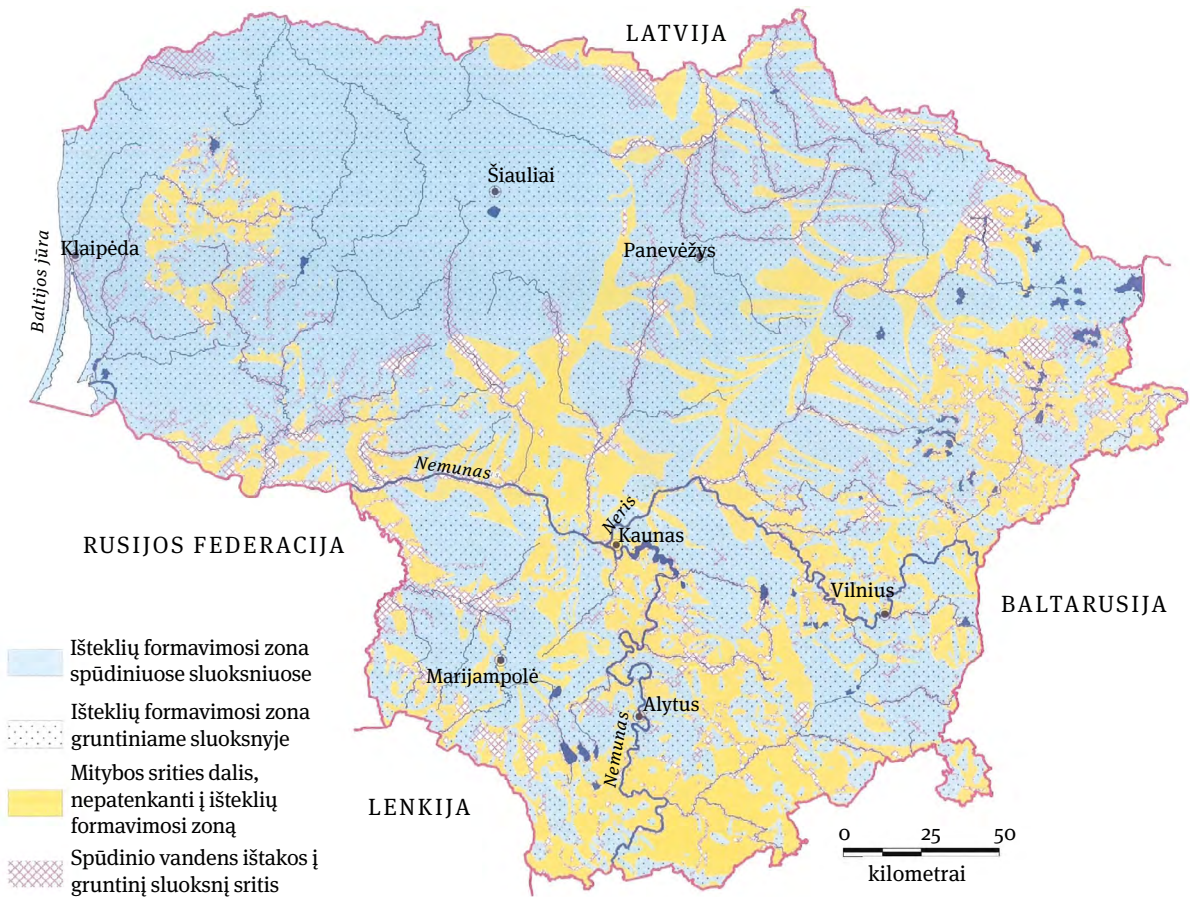
Pastaruoju metu pasitaiko atvejų, kai požeminiame vandenyje aptinkama didesnė arseno koncentracija, viršijanti Lietuvos higienos normos HN 24:2023 geriamajam vandeniui nustatytą 10 $\mu\text{g/l}$ ribą. Didesnis arseno kiekis dažniausiai nustatomas kvartero vandeninguosiuose sluoksniuose, tačiau teritoriniai jo paplitimo dėsniniai nėra išryškėję, o viršijimo atvejai fiksuojami įvairiose šalies vietose – Raseinių, Vilkaviškio, Vilniaus rajonuose. Remiantis turimais duomenimis, manoma, kad didesnę arseno koncentraciją lemia natūralūs geocheminiai procesai, tokie kaip mineralo sudėties ypatumai, oksidacijos-redukcijos sąlygų pokyčiai bei organinės medžiagos sąveika su požeminiu vandeniu.

Gėlo požeminio vandens išteklių

Vandenvietės išteklių formavimosi zonos sampratą atitinka jos mitybos srities apibrėžimas. Ši zona apima teritoriją, iš kurios judančios požeminio vandens dalelės per eksploatuojamus ir su jais hidrodinamiškai susijusius vandeninguosius sluoksnius pasiekia vandenvietę. Todėl išteklių formavimosi zona atlieka dvejopą funkciją: ji yra tiek vandenvietės išteklių papildymo šaltinis, tiek svarbiausia požeminio vandens apsaugos teritorija, kurioje būtina riboti potencialiai taršią veiklą ir atitinkamas apsaugos priemonės.

Įprastomis hidrogeologinėmis sąlygomis pavienių vandenviečių mitybos sritys gali būti nustatomos analitiniais skaičiavimais. Tačiau regioniniu mastu daugiasluoksnei vandeningų ir vandeniui mažai laidžių darinių storymei taikomi matematinio modeliavimo metodai, kurie

leidžia tiksliai nustatyti, kaip vandens dalelės migruoja pro sudėtingas struktūras, apimančias tūkstančius kvadratinių kilometrų teritorijas. Būtent tokiu elementarių vandens dalelių migracijos modeliavimo metodu buvo nustatytos visų požeminio vandens baseino vandenviečių mitybos sritys (išteklių formavimosi zonos) (28 pav.), tam tikslui buvo panaudoti ir 2003–2012 m. sudaryti Lietuvos regioninių hidrodinaminių sistemų matematiniai modeliai (žr. Gregorauskas, Štuopis, 2012).



28 pav. Vandenviečių išteklių formavimosi zonos (Gregorauskas, Štuopis, 2012).

Vandenviečių išteklių formavimosi zonų žemėlapyje yra išskirtos keturios zonos:

- 1) išteklių formavimosi zonos spūdinuose vandeninguosiuose sluoksniuose;
- 2) išteklių formavimosi zonos gruntiniame vandeningajame sluoksnyje;
- 3) mitybos srities dalys, nepatenkančios į išteklių formavimosi zonas;
- 4) spūdinių vandeningųjų sluoksnių ištakos sritys.

Aplinkosauginiu ir ūkinės veiklos ribojimo požiūriu svarbiausios yra išteklių formavimosi zonos gruntiniame sluoksnyje. Jos apibrėžia teritorijas, iš kurių gruntinis vanduo, vertikaliai migruodamas žemyn, gali pasiekti vandenvietes. Jų plotai yra kiek mažesni nei išteklių formavimosi zonos spūdinuose sluoksniuose, nes net esant intensyviai vandens išgavimui gali būti išlikusi viršutinių spūdinių sluoksnių požeminio vandens ištaka į gruntinį vandenį ir paviršinio vandens telkinius, užkertanti kelią gruntinio vandens migracijai žemyn į spūdinius vandeninguosius sluoksnius.

Požeminio vandens išteklių formavimosi zonų plotai ir jų santykis su visais požeminio vandens baseinų (PVB) plotais leidžia įžvelgti svarbius regioninius skirtumus (4 lentelė). Kaip matyti iš pateiktų duomenų, Pietryčių Lietuvos kvartero hidrogeologinėje sistemoje bendras išteklių formavimosi zonų plotas spūdinuose sluoksniuose sudaro 47,3 %, o gruntiniame sluoksnyje – 43,9 % viso baseino ploto. Tai rodo stiprų eksploatuojamų spūdinių sluoksnių hidrodinaminį ryšį su gruntiniu vandeniu ir paviršinio vandens telkiniais. Be to, čia yra daug požeminių vandenskyrų, palyginti nedideli požeminio vandens lygio pažemėjimai, o tai riboja vandenviečių mitybos (kaptazo) sričių išplitimą didesnėse teritorijose.

Viršutinio–vidurinio devono (Nemuno) baseine požeminio vandens išteklių formavimosi zonos užima didesnę teritorijos dalį: atitinkamai 67,6 % spūdinuose ir 63,4 % gruntiniuose sluoksniuose. Panašios tendencijos stebimos ir viršutinės–apatinės kreidos baseine, čia išteklių formavimosi zonos apima net 72,6 % spūdinuose ir 64,3 % gruntiniuose sluoksniuose.

Didžiausios išteklių formavimosi zonos yra Vakarų Lietuvoje eančiuose Kuršių nerijos ir Pamario bei permio ir viršutinio devono (Nemuno ir Ventos) baseinuose, kuriuose išteklių formavimosi zonos siekia 100 % arba labai artimą šiam dydžiui reikšmę. Šie rezultatai rodo, kad visos šių baseinų teritorijos faktiškai funkcionuoja kaip vandenviečių mitybos sritys, nes čia požeminio vandens ištekliai yra gana riboti ir jie formuojasi esant dideliems pažemėjimams vandeninguosiuose sluoksniuose (iki 100 m ir daugiau). Tai svarbu žinoti planuojant ūkinę veiklą ir diegiant aplinkosaugines priemones (žr. Gregorauskas, Štuopis, 2012).

4 lentelė. Požeminio vandens išteklių formavimosi zonų plotai

Požeminio vandens baseinas (PVB)	PVB plotas (m ²)	Išteklių formavimosi zonų plotas spūdinuose sluoksniuose		Išteklių formavimosi zonų plotas gruntiniame sluoksnyje	
		km ²	% nuo PVB	km ²	% nuo PVB
Pietryčių Lietuvos kvartero (Nemuno)	19 818	9 380	47,3	8 699	43,9
iš jų: <i>Smėlingosios Pietryčių lygumos</i>	3 385	1 302	38,5	1 252	37
<i>Neries vidurupio (Vilniaus)</i>	799	538	67,4	497	62,2
<i>Nemuno ir Neries, Nevėžio žemupio (Kauno)</i>	332	124	37,4	117	35,1
<i>likusi Pietryčių Lietuvos kvartero (Nemuno) baseino dalis</i>	15 303	7 415	48,5	6 834	44,7
Viršutinio–vidurinio devono (Nemuno)	11 089	7 500	67,6	7 029	63,4
iš jų: <i>Kėdainių-Dotnuvos</i>	1 113	445	40	433	38,9
<i>likusi viršutinio–vidurinio devono (Nemuno) baseino dalis</i>	9 976	7 055	70,7	6 596	66,1
Viršutinės–apatinės kreidos	8 388	6 094	72,6	5 391	64,3
iš jų: <i>Suvalkijos</i>	1 519	1 117	73,5	1 009	66,4
<i>Kuršių nerijos ir Pamaro</i>	487	487	100	384	78,9
<i>likusi viršutinės–apatinės kreidos baseino dalis</i>	6 383	4 490	70,3	3 998	62,6
Vakarų Žemaičių kvartero	4 083	2 824	69,2	2 519	61,7
Viršutinio devono Stipinų (Nemuno)	3 425	2 726	79,6	2 523	73,6
Permo–viršutinio devono (Nemuno)	1 011	1 011	100	1 011	100
Viršutinio–vidurinio devono (Lielupės)	4 448	3 497	78,6	2 800	62,9
Viršutinio devono Stipinų (Lielupės)	1 879	1 732	92,2	1 659	88,3
Permo–viršutinio devono (Lielupės)	1 063	939	88,3	939	88,3
Biržų-Pasvalio	1 048	687	65,5	495	47,2
Joniškio	508	346	68,1	308	65,1
Permo–viršutinio devono (Ventos)	6 276	6 276	100	6 110	97,3

Igyvendinant Europos Sąjungos Bendrosios vandens politikos direktyvos nuostatas, įvertinti išskirtų požeminio vandens baseinų **gė-lo požeminio vandens ištekliai**. Vandens išteklių valdymo tikslams požeminio vandens baseinų ribos priderintos prie artimiausių upių baseinų rajonų. Lietuvoje išskirta 20 požeminio vandens baseinų, iš kurių į Nemuno baseiną patenka 12, į Lielupės – 5, į Ventos – 1, į Dauguvos – 2 požeminio vandens baseinai (29 pav.). Vartojimui tinkamo vandens atžvilgiu visi požeminio vandens baseinai yra vienodai svarbūs, nes jų vanduo kaip geriamasis vanduo tiekiamas gyventojams ir pramonės įmonėms.



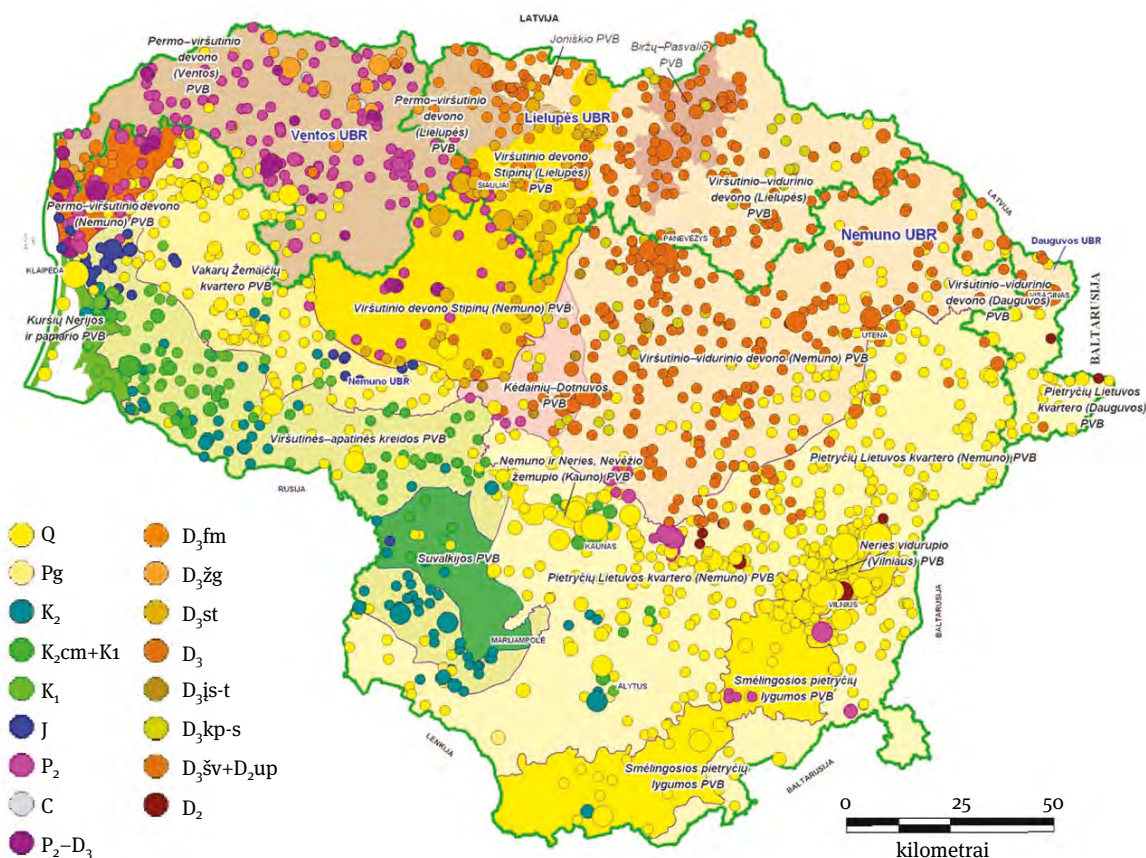
29 pav. Požeminio vandens baseinai (www.lgt.lt).

Bendri gėlo požeminio vandens išteklių Lietuvos teritorijoje sudaro 3 734,88 tūkst. m³ per parą. 30 paveiksle pavaizduotos eksploatuojamuose vandeninguosiuose sluoksniuose įrengtos vandenvietės, turimi požeminio vandens išteklių yra paskirstyti pagal pagrindines hidrogeologines sistemas ir požeminio vandens baseinus (5 lentelė).

Didžiausi požeminio vandens išteklių koncentruojasi kvartero hidrodinaminėje sistemoje, kur bendras turimų išteklių kiekis siekia 2 440,94 tūkst. m³/d ir sudaro apie 65 % visų šalies išteklių. Šioje sistemoje išsiskiria Pietryčių Lietuvos kvartero (Nemuno) baseinas, turintis 744,93 tūkst. m³/d išteklių, bei Nerios vidurupio (Vilniaus) (Nemuno) baseinas su 618,9 tūkst. m³/d. Taip pat reikšmingi yra Smėlingosios pietryčių lygumos (320,58 tūkst. m³/d) bei Nemuno ir Nerios, Nevėžio žemupio (Kauno) (415,0 tūkst. m³/d) baseinų išteklių.

Kainozojaus–mezozojaus hidrodinaminėje sistemoje išteklių sudaro kiek mažesnę dalį – 142,7 tūkst. m³/d (apie 3,8 % visų šalies išteklių). Didžiausi išteklių šioje sistemoje yra viršutinės–apatinės kreidos (Nemuno) baseine (102,95 tūkst. m³/d).

Viršutinio paleozojaus sistemos baseinai apima 355 tūkst. m³/d požeminio vandens išteklių – apie 9,5 % visų Lietuvos gėlo požeminio vandens išteklių. Didžiausią indėlį čia sudaro permo–viršutinio devono (Ventos) baseinas (144,41 tūkst. m³/d) ir viršutinio devono Stipinų (Lielupės) baseinas (81,92 tūkst. m³/d).



30 pav. Vandenvietės požeminio vandens baseinuose (www.lgt.lt).

Viršutinio–vidurinio paleozojaus sistemos baseinuose yra susikaupeę 782,5 tūkst. m³/d išteklių (apie 21 % visų išteklių). Šioje sistemoje ryškiai dominuoja viršutinio ir vidurinio devono (Nemuno) baseinas su 468,5 tūkst. m³/d gėlo požeminio vandens išteklių. Kiti baseinai – viršutinio–vidurinio devono (Lielupės) bei viršutinio–vidurinio devono (Dauguvos) – atitinkamai turi 180,5 ir 89,9 tūkst. m³/d išteklių. Tai rodo, kad didžiausia gėlo požeminio vandens išteklių dalis yra sutelkta kvartero nuogulų baseinuose, kuriuose vyrauja palankios vandens akumuliacijos

5 lentelė. Gėlo požeminio vandens išteklių požeminio vandens baseinuose

Hidrodinaminė sistema	Požeminio vandens baseinas	Gėlo požeminio vandens išteklių (tūkst. m ³ /d)
Kvartero	Pietryčių Lietuvos kvartero (Nemuno)	744,93
	Pietryčių Lietuvos kvartero (Dauguvos)	50,23
	Smėlingosios pietryčių lygumos (Nemuno)	320,58
	Neries vidurupio (Vilniaus) (Nemuno)	618,9
	Nemuno ir Neries, Nevėžio žemupio (Kauno) (Nemuno)	415,0
	Vakarų Žemaičių kvartero (Nemuno)	207,0
	Kuršių nerijos ir pamario (Nemuno)	84,3
	Iš viso	2 440,94
Kainozojaus–mezozojaus	Viršutinės–apatinės kreidos (Nemuno)	102,95
	Suvalkijos (Nemuno)	39,75
	Iš viso	142,7
Viršutinio paleozojaus	Permo–viršutinio devono (Nemuno)	76,16
	Permo–viršutinio devono (Ventos)	144,41
	Permo–viršutinio devono (Lielupės)	6,85
	Viršutinio devono Stipinų (Nemuno)	51,15
	Viršutinio devono Stipinų (Lielupės)	81,92
	Iš viso	355
Viršutinio–vidurinio paleozojaus	Viršutinio–vidurinio devono (Nemuno)	468,5
	Viršutinio–vidurinio devono (Lielupės)	180,5
	Viršutinio–vidurinio devono (Dauguvos)	89,9
	Kėdainių-Dotnuvos (Nemuno)	21,1
	Biržų-Pasvalio (Lielupės)	21,0
	Joniškio (Lielupės)	9,75
	Iš viso	782,5
Iš viso	3 734,88	

sąlygos, o paleozojaus sistemos baseinai, nors ir su mažesniais išteklių, yra ypač reikšmingi tiek regioniniu, tiek vietiniu mastu tose vietose, kur gėlo paviršinio vandens šaltiniai yra riboti (žr. Gregorauskas ir kt., 2013; Kadūnas ir kt., 2018).

Pagal administracinę teritorinę suskirstymą gėlo požeminio vandens išteklių Lietuvoje yra pasiskirstę netolygiai. Didžiausias išteklių kiekis yra susikaupęs Vilniaus apskrityje ir sudaro 1 180,1 tūkst. m³ per parą. Tai atitinka apie 29,8 % visų šalies gėlo požeminio vandens išteklių. Beveik perpus mažesnis kiekis, t. y. 663,9 tūkst. m³/d (16,8 %), tenka Kauno apskrčiai. Tai lemia tiek palankios geologinės ir hidrogeologinės sąlygos, tiek intensyvus požeminio vandens naudojimas (6 lentelė).

6 lentelė. Gėlo požeminio vandens išteklių požeminio vandens baseinuose

Apskritis	Gėlo požeminio vandens išteklių (tūkst. m ³ /d)
Klaipėdos	232,82
Telšių	136,55
Šiaulių	227,24
Tauragės	121,95
Panevėžio	340,6
Utenos	395,5
Kauno	663,9
Vilniaus	1 180,1
Alytaus	308,8
Marijampolės	120,7

Utenos, Panevėžio, Alytaus, Šiaulių ir Klaipėdos apskrityse išteklių pasiskirstę santykinai tolygiai – kiekvienai jų tenka nuo 227,24 iki 395,5 tūkst. m³/d, arba po 5–10 % visų šalies išteklių. Mažiausiai gėlo požeminio vandens yra Telšių, Tauragės ir Marijampolės apskrityse, jose susikaupę maždaug po 3–4 % šalies požeminio vandens išteklių (Kadūnas ir kt., 2018).

Jau ne kartą minėjome, kad gėlo požeminio vandens išteklių Lietuvoje yra svarbus gamtos turtas. Lietuvos gyventojai geriamąjį vandenį gauna iš požeminių šaltinių, nes šis vanduo yra natūraliai apsaugotas nuo paviršinės taršos, todėl pasižymi geresne kokybe, jam dažniausiai nereikalingas sudėtingas valymas. Be to, požeminis vanduo naudojamas ir žemės ūkyje – laistymui bei gyvulių girdymui, taip pat pramonėje – įvairiems technologiniams procesams, kuriems reikia švaraus ir pastovios cheminės sudėties vandens. Nors požeminio vandens išteklių Lietuvoje yra gausūs, šiuo metu išgaunama tik apie 15 % turimų išteklių, todėl jų naudojimas yra ne tik tvarus, bet ir turintis didelį potencialą ateityje (žr. Gregorauskas ir kt., 2013).

Lietuvoje didžioji dalis gyventojų naudoja požeminį vandenį, tiekiamą iš vandenviečių centralizuotais vandens tinklais. Toks sprendimas užtikrina vandens kokybę, higieną ir patogumą, todėl daugelis mūsų nė nesusimąstome, kokia sudėtinga ir nuo įvairių veiksnių priklausoma yra ši sistema. Tačiau ar tikrai pakanka vien tokio tiekimo, ypač dabar, kai pasaulis tampa vis labiau neprognozuojamas?

Centralizuotas vandens tiekimas yra visiškai priklausomas nuo elektros energijos. Dingus elektrai, sustoja siurblių, vandens valymo įrenginių darbas, neveikia slėgio palaikymo sistemos. Iš pradžių vanduo dar trumpai tekėtų iš čiaupo, bet vėliau jo nebeliktų. Tokių atvejų prevencijai yra naudojami atsarginiai generatoriai, kurie laikinai užtikrina tiekimą svarbiausiems objektams – ligoninėms, priešgaisrinėms tarnyboms ar vandenvietėms. Vis dėlto tai tėra laikinas sprendimas, nes generatoriams reikia degalų, o ilgalaikių sutrikimų atveju jų greitai pritrūktų.

Elektros dingimas – ne vienintelė grėsmė vandens tiekimui. Centralizuota vandens tiekimo sistema gali sutrikti ir dėl techninių avarijų, kai įtrūksta vamzdžiai ar sugenda siurbliai. Žiemą juos gali pažeisti šaltis. Taip pat vandens tiekimą gali paveikti tarša – jai patekusį vandenį šaltinius, vandens tiekimas būtų sustabdytas dėl saugumo. Pastaruoju metu vis daugiau kalbama ir apie kibernetines grėsmes, nes sistemos

valdomos kompiuterizuotai. Įsilaužimai ar sabotazas galėtų sustabdyti siurblius ar pakeisti jų nustatymus. Pridėkime dar žmogiškas klaidas – netinkamą priežiūrą, neteisingai atliktus remonto darbus – ir matome, kad vandens tiekimas nėra toks patikimas, kaip gali atrodyti. O karo ar karinės agresijos atveju pirmiausia nukenčia infrastruktūra, todėl toks scenarijus ir Lietuvoje nėra visiškai neįmanomas.

Atsižvelgiant į tai, būtina ieškoti alternatyvų ir kurti aiškius veiksmų planus. Vienas paprasčiausių, bet patikimiausių sprendimų – išlaikyti ir prižiūrėti esamus šulinius. Kiekvienoje gyvenvietėje turėtų būti bent keli patikimi šuliniai, kurių vanduo periodiškai tikrinamas. Vien šuliniai, nors ir naudingi, nėra pakankami – intensyviai naudojami jie greitai išsektų. Patikimesnis sprendimas būtų gręžiniai, įrengiami į gilesnius požeminio vandens sluoksnius. Jie galėtų būti prijungti prie saulės ar vėjo energija varomų siurblių, kurie veikia net dingus elektrai. Taip pat vertėtų plačiau taikyti lietaus vandens surinkimo sistemas – nors tokio neišvalyto vandens negalima gerti, jis puikiai tinka techniniams poreikiams, laistymui ar higienai. Dar viena alternatyva – vandens saugyklos ir rezervuarai, kuriuose geriamasis vanduo laikomas kelias dienas ar savaites. Tai taptų tarsi strateginėmis vandens atsargomis, panašiai kaip turime maisto ar kuro rezervus. Krizės metu vanduo gyventojams galėtų būti tiekiamas ir autocisternomis, kol sistema būtų atkurta. Esant didesniems sutrikimams, galima naudoti vandens valymo filtrus.

Visgi vien techninių sprendimų neužtenka. Labai svarbu, kad savivaldybės ir valstybė turėtų aiškius avarinius veiksmų planus: kur gyventojai galėtų gauti vandens, kokie būtų alternatyvūs šaltiniai ir kas atsakingas už jų priežiūrą. Tokie planai turėtų būti periodiškai tikrinami, o gyventojai – informuojami. Taip didėtų ne tik infrastruktūros atsparumas, bet ir žmonių sąmoningumas.

MINERALINIS VANDUO IR SŪRYMAI

Mineralinis vanduo – tai natūralios kilmės požeminis vanduo, pasižymintis pastovia bei specifine chemine sudėtimi ir fiziologiškai aktyvių komponentų gausa, dėl kurios jis vertinamas kaip svarbus gamtinis išteklius tiek terapiniu, tiek ūkiniu požiūriu. Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatyme mineralinis vanduo apibrėžiamas kaip vanduo, kuriame bendras ištirpusių mineralinių medžiagų kiekis yra 1 gramas litre ir daugiau arba kuris pasižymi išskirtinėmis cheminėmis ir fizikinėmis, biologinėmis savybėmis. Pagal bendrą vandenyje ištirpusių mineralinių medžiagų kiekį (gramais litre) mineralinis požeminis vanduo yra:

- 1) labai mažos mineralizacijos – iki 2 g/l,

- 2) mažos mineralizacijos – 2–5 g/l,
- 3) vidutinės mineralizacijos – 5–5 g/l,
- 4) didelės mineralizacijos – 15–35 g/l,
- 5) sūrymas – daugiau kaip 35 g/l.

Šiame skyriuje aptariamas požeminis vanduo, kurio bendroji mineralizacija didesnė nei 1 g/l. Skyriaus turinys parengtas remiantis pagrindiniu informacijos šaltiniu – mineralinio vandens kartografavimo M 1:400 000 ataskaita (žr. Gedžiūnas, 2010). Nagrinėjamos mineralinio vandens slūgsojimo geologinės ir hidrogeologinės sąlygos, jo cheminė sudėtis, gavybos ypatumai bei praktinis pritaikymas Lietuvos teritorijoje.

Lietuvoje mineralinis vanduo susiformavo įvairiuose geologiniuose sluoksniuose, kuriuose ilgą laiką vyko sąveika tarp vandens ir uolienų. Šiuos procesus lėmė ne tik pačių uolienų sudėtis (litologija), bet ir bendros regiono hidrogeologinės sąlygos – požeminio vandens filtracijos pobūdis, cheminiai procesai, slėgis bei regioniniai tektoniniai veiksniai.

Mineralinio vandens tyrimai Lietuvoje yra neatsiejami nuo bendrų požeminio vandens išteklių tyrimų, tačiau išskirtinis dėmesys juose tenka cheminės sudėties stabilumui, mikroelementų koncentracijai bei terapinio poveikio galimybei.

Mineralinio vandens slūgsojimo sąlygos bei cheminė sudėtis

Lietuvos teritorijoje mineralinis požeminis vanduo slūgso įvairaus geologinio amžiaus vandeninguosiuose sluoksniuose. Atsižvelgiant į formavimosi mechanizmą ir slūgsojimo pobūdį, išskiriami du pagrindiniai mineralinio vandens telkinių tipai: **sluoksniniai (tarpsluoksniniai)** ir **injekciniai**.

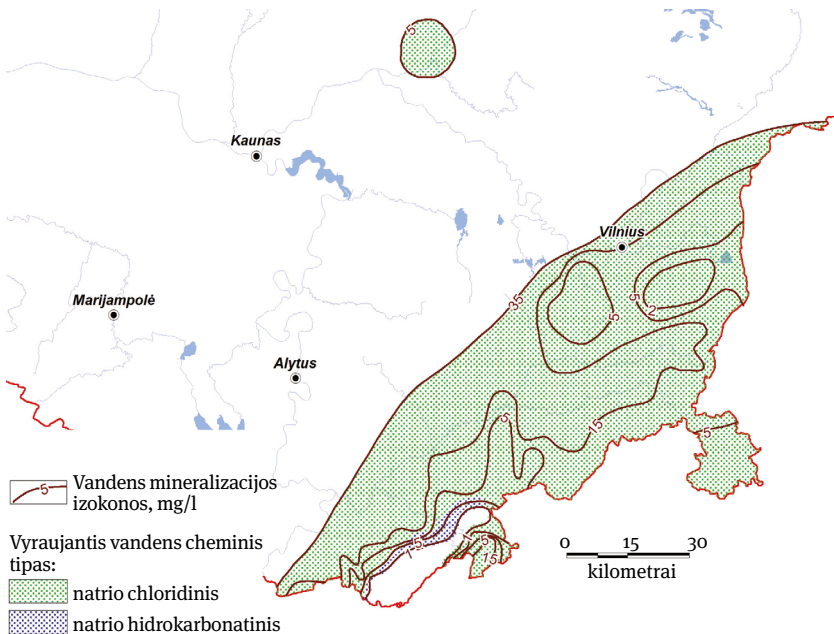
Sluoksninio tipo telkiniai susiformuoja natūraliai didėjant vandens mineralizacijai giliai slūgsančiuose vandeninguosiuose sluoksniuose, kuriuose dėl ribotos vandens apykaitos su paviršiumi, mažo laidumo uolienų ir didesnio hidrogeologinio uždaroimo ištirpusių mineralinių medžiagų koncentracija požeminiame vandenyje palaipsniui auga. Šio tipo telkiniai būdingi giliausiems sluoksniams, ypač sinklinalinėse struktūrose, kuriose vandens apykaita yra labai lėta.

Injekcinio tipo telkiniai – tai lokaliai, židininės hidrocheminės anomalijos, susiformavusios ten, kur iš giluminių sluoksnių didelės mineralizacijos vanduo kyla į viršų tektoninių lūžių ar paleoįrėžių zonose. Tokia vertikali migracija leidžia sūriam arba stipriai mineralizuotam vandeniui patekti į jaunesnius – dažniausiai prekvartero ar kvartero – vandeninguosius sluoksnius, o kartais net iki gruntinio vandens zonos. Šie telkiniai dažnai siejami su tektoniškai aktyviomis zonomis, ypač didžiųjų upių slėniuose, kurių genezė sutampa su tektoninių lūžių tinklu.

Beveik visi injekcinio tipo mineralinio vandens telkiniai ar židinės hidrogeocheminės anomalijos dažniausiai sutampa su virš triaso regioninės vandensparos išplitusiais vandeningaisiais sluoksniais. Čia vietinis mineralinio vandens įsiskverbimas kupolais pasiekia net kvartero darinius ir žemės paviršių. Žemiau molingos triaso–juros storymės vyrauja tik tarp sluoksninis mineralinio vandens išplitimas.

Kadangi injekcinio tipo telkiniai dažniausiai „maitinasi“ iš gilesnių sluoksninių telkinių, šiame skyriuje pateikiamas nuoseklus pagrindinių vandeningųjų sluoksnių ar kompleksų aprašymas, pradedant nuo giliausiai slūgsančių ir baigiant esančiais arčiausiai žemės paviršiaus.

Proterozojaus kristalinių uolienuų (AR-PR) vandeningasis kompleksas yra seniausias, kuriame kaupiasi mineralinis požeminis vanduo. Šiame komplekse mineralinis vanduo yra išplitęs pietrytinėje Lietuvos dalyje (31 pav.). Mažiausia vandens mineralizacija yra Dieveniškų (2–2,7 g/l) ir Marcinkonių apylinkėse. Čepkelių raisto kryptimi, kur kristalinio pamato dariniai iškyla arčiausiai žemės paviršiaus (300–400 m gylyje), aptiktas net gėlas kalčio hidrokarbonatinės (Ca-HCO_3) sudėties požeminis vanduo, kurio mineralizacija yra vos 0,2–0,6 g/l. Toks vanduo panašus į daugelio natūralių šaltinių vandenį. Tarp gėlo ir labiau mineralizuoto vandens zonų aptinkamas pereinamojo tipo vanduo, kurio mineralizacija siekia 0,6–2 g/l.

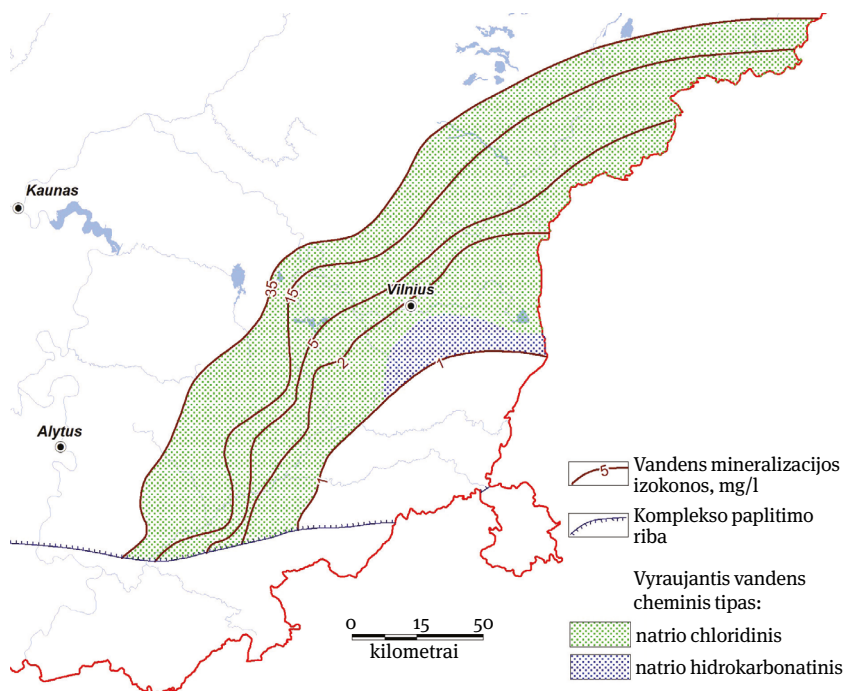


31 pav. Mineralinio vandens paplitimas proterozojaus kristalinių uolienuų vandeningajame komplekse (Gedžiūnas, 2010).

Jame galima rasti tiek hidrokarbonatų, tiek chloridų – priklausomai nuo vietovės ir uolienų sąlygų, t. y. formuojasi Na-Cl-HCO_3 ir net Na-HCO_3 cheminės sudėties ar mišrių tipų vanduo. Didėjant druskų kiekiui, vandenyje ima dominuoti natrio ir chloro jonai, o toks vanduo jau laikomas natrio chloridiniu (Na-Cl). Kristalinio pamato uolienų požeminis vanduo praktiniams poreikiams nenaudojamas.

Apatinio ordoviko–kambro ($O_1\text{-Cm}$) ir kambro–vendo ($Cm_1\text{-V}$) vandeningieji kompleksai nuosėdinėje stovymėje slūgso giliausiai. Šie kompleksai sudaro apatinio paleozojaus–viršutinio proterozojaus hidrogeologinį aukštą, slūgsantį tiesiai ant kristalinio pamato uolienų. Tarp šių nuosėdinėje dangoje esančių vandeningųjų kompleksų ir plyšinėse kristalinėse uolienose susikaupusio požeminio vandens egzistuoja glaudus hidraulinis ryšys, todėl sąlygiškai tai yra vientisa spūdinė sistema.

Apatinio ordoviko–kambro ($O_1\text{-Cm}$) vandeningojo komplekso mineralinis vanduo yra išplitęs 25–36 km pločio juostoje, apimančioje Baltarusijos–Mozūrijos anteklizės pašlaitę. Ši juosta tęsiasi nuo Eišiškių, Baltosios Vokės ir Šumsko pietryčiuose per visą rytinį Lietuvos pasienį Lavoriškių–Adučiškio ruožu ir pasiekia šiaurės vakarinę paplitimo ribą, apimančią Tverėčiaus, Švenčionėlių, Giedraičių, Vievio ir Daugų apylinkes (32 pav.).

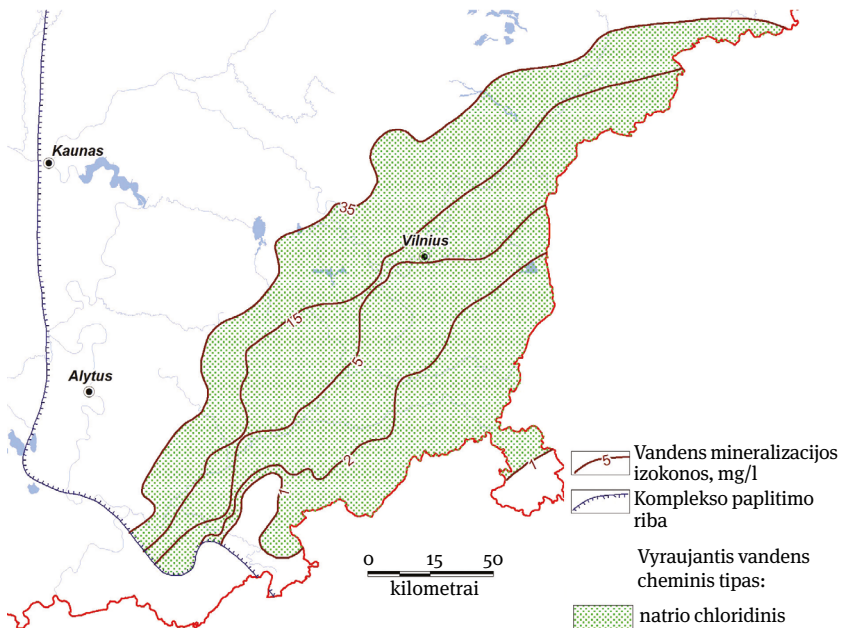


32 pav. Mineralinio vandens paplitimas apatinio ordoviko–kambro vandeningajame komplekse (Gedžiūnas, 2010).

Analogiška mineralinio vandens paplitimo zona stebima ir žemiau slūgsančiame kambro–vendo (Cm_1 -V) komplekse (33 pav.). Abiejų šių kompleksų hidrogeocheminės sąlygos yra panašios, todėl jų požeminis vanduo turi beveik tokią pat cheminę sudėtį. Vyraujantis vandens tipas – natrio chloridinis (Na-Cl), o mineralizacija dažniausiai svyruoja nuo 1 iki 35 g/l. Didžiojoje paplitimo teritorijos dalyje vyrauja sūrus ir labai sūrus (5–35 g/l) vanduo, tačiau pasitaiko ir Na-Cl-SO₄ tipo mineralinio vandens.

Silūro–ordoviko (S-o) vandeningasis kompleksas. Silūro ir ordoviko sluoksniai sudaro reikšmingą Lietuvos geologinės sandaros dalį. Jų storis staigiai didėja vakarų ir pietvakarių kryptimi ir siekia net 850–900 metrų. Požeminio vandens savybės šiuose sluoksniuose labai priklauso nuo konkretaus regiono geologinės sandaros.

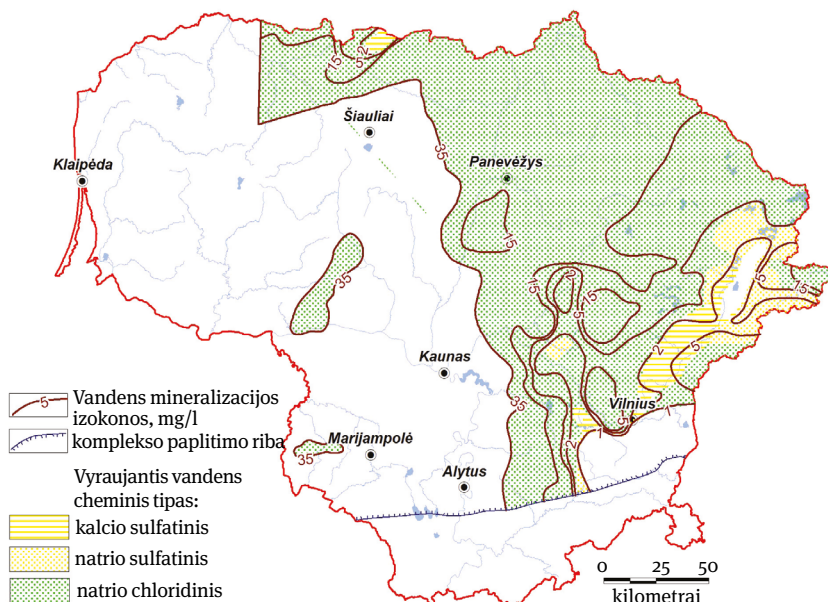
Rytinėje Lietuvos dalyje, Mozūrijos-Baltarusijos anteklizės šlaituose, dominuoja karbonatinės uolienos. Jos yra poringos, su plyšiais ir net urvinėmis ertmėmis (kavernomis), todėl puikiai praleidžia vandenį. Šių uolienų storis siekia 150–200 m, jos slūgso 80–250 m gylyje. Kadangi virš jų esantys vandeniui nelaidūs sluoksniai yra plonesni, paviršinis vanduo lengviau infiltruojasi į gilesnius sluoksnius. Dėl to susiformuoja palankios sąlygos požeminiam vandeniui kauptis ir cirkuliuoti. Šiose vietose, ypač



33 pav. Mineralinio vandens paplitimas kambro–vendo vandeningajame komplekse (Gedžiūnas, 2010).

nuo Švenčionių iki Nemenčinės ir aplinkinėse vietovėse, susiformuoja ne tik sūrus ir sūrokas mineralinis vanduo, bet ir gėlas vanduo, tinkamas buitiniam vartojimui. Cheminė vandens sudėtis šiame regione taip pat įvairi: vanduo gali būti natrio sulfatinio, kalcio sulfatinio, chloridinio, sulfatinio-chloridinio tipo, turintis tiek natrio (Na^+), kalcio (Ca^{2+}), magnio (Mg^{2+}), tiek ir chlorido (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) jonų. Požeminio vandens mineralizacija rytiniuose rajonuose – 1–5 g/l, o kai kur ir didesnė (34 pav.). Natrio sulfatinio (Na-SO_4) ir kalcio sulfatinio (Ca-SO_4) sūroko vandens arealas nusidriekia net iki Nemenčinės ir Vilniaus apylinkių per centrinę Žeimenos baseino dalį. Pačiame rytiniame šalies pakraštyje vanduo į komplekso sluoksnius patenka ir per senus tektoninius lūžius. Tai vadinama sūrymų injekcija. Tokiais atvejais čia susiformuoja natrio chloridinis (Na-Cl) sūrus ir labai sūrus (6–28 g/l) mineralinis vanduo. Tokio vandens išplitimo zonos matomos Tverėčiaus ir Bezdonių apylinkėse, taip pat pačiame pasienyje nuo Švenčionių iki Nemenčinės.

Visai kitokia situacija yra vakarinėje Lietuvos dalyje. Čia geologiniame pjūvyje vyraujančios nuolaužinės ir molingos karbonatinės uolienos yra mažai laidžios vandeniui. Teritorija nuo Mažeikių–Tauragės linijos į vakarus laikoma beveik bevandene arba labai menkai vandeninga. Pasitaiko tik nedidelės vietinės vandens sankaupos, įsiterpusios tarp tankių molingų, vandenį sulaikančių sluoksnių. Dėl labai lėtos vandens cirkuliacijos ir



34 pav. Mineralinio vandens paplitimas apatinio silūro–ordoviko vandeningajame komplekse (Gedžiūnas, 2010).

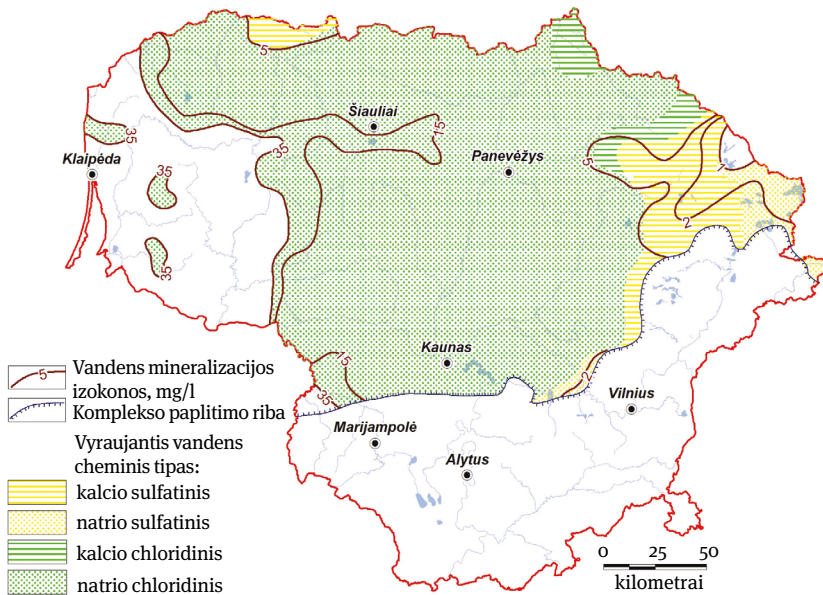
izoliacijos šių vakarinės Lietuvos sluoksnių požeminis vanduo yra itin sūrus, kai kur net viršija 35 g/l mineralizacijos ribą ir vadinamas požeminiu sūrymu. Cheminė sudėtis čia stabili – tai dažniausiai natrio chloridinis vanduo. Šis sūrus vanduo aptinkamas plačiame areale – nuo šiaurinio pasienio su Latvija per Kuršėnus, Pakruojį, Kėdainius, Jonavą, Kaišiadoris iki Daugų apylinkių. Dar toliau į vakarus slūgso jau tik giliai esantys sūrymai, kurių mineralizacija yra didesnė nei 35 g/l.

Vidurinio–apatinio devono (D_{2-1}) vandeningasis kompleksas slūgso po regionine Narvos vandenspara. Jį daugiausia sudaro nuolaužinės uolienos – smulkus smėlis ir silpnai sucementuotas smiltainis, pasižyminčios nedidelėmis filtracinėmis savybėmis (filtracijos koeficientas k nuo 0,1–0,5 iki 1–2 m/d). Vandeningajame komplekse taip pat aptinkama mažai vandeniui laidžių uolių, tokių kaip aleuritas, molis, molingas dolomitas ir mergelis. Šios uolienos kartu su smėlio ir smiltainio sluoksniais sudaro sudėtingą daugiasluoksnią hidraulinę sistemą. Komplekso storis Lietuvoje svyruoja nuo 200 iki 350 m, o efektyvusis – nuo 50 iki 150 metrų. Jo geografinė padėtis lemia didelę požeminio vandens sudėties ir mineralizacijos įvairovę. Vidurio Lietuvoje šis vandeningasis kompleksas glūdi 300–400 m, o Vakarų Lietuvoje – net 800–900 m gylyje.

Požeminio vandens apykaitos intensyvumas šiame komplekse yra nevienodas: rytinėje dalyje vanduo formuojasi intensyvesnės apykaitos sąlygomis, o Vakarų Lietuvoje – sulėtėjusios apykaitos zonoje, kur požeminio vandens atsinaujinimas yra ribotas. Tai daro tiesioginę įtaką vandens cheminei sudėčiai bei mineralizacijai. Vandens mineralizacija šiame komplekse kinta nuo beveik gėlo vandens (0,4–0,9 g/l, pavyzdžiui, Obelių ar Zarasų apylinkėse) iki labai sūraus (net iki 75 g/l pajūryje) (35 pav.). Vakarų kryptimi didėjant mineralizacijai, keičiasi ir vandens cheminė sudėtis: nuo kalcio ir natrio ar natrio hidrokarbonatinio gėlo vandens iki silpnai sūraus kalcio sulfatinio, o vėliau – iki sūraus ir labai sūraus natrio chloridinio vandens (5–35 g/l).

Klaipėdos–Šiaulių tektoninių lūžių zonoje stipriau mineralizuotas vanduo (apie 15 g/l) yra netipiškai pasislinkęs rytų kryptimi. Dėl to šios zonos pakraščiuose, kur įprastai vyrauja 8–6 g/l mineralizacija, labai sūrus vandens pleištas pasiekia Radviliškio ir Pakruojo apylinkes (35 pav.).

Šventosios-Upninkų ($D_{3šv}+D_{2up}$) vandeningajame komplekse mineralinis vanduo formuojasi į vakarus nuo Joniškio–Šeduvos–Naujamiesčio–Dotnuvos–Kėdainių–Babtų linijos, kur vandens mineralizacija vandeningajame komplekse jau siekia 1 g/l (36 pav.). Vakarų Žemaičių lygumos pakraščiuose bei Nemuno deltos rajone aptinkami požeminiai sūrymai (daugiau kaip 35 g/l). Vakarų ir Pietvakarių Lietuvoje vanduo nuo Salantų–Varnių–Skaudvilės–Ariogalos linijos yra natrio chloridinio (Na-Cl) tipo, jo mineralizacija siekia 5–35 g/l. Pereinamojoje zonoje, einančioje

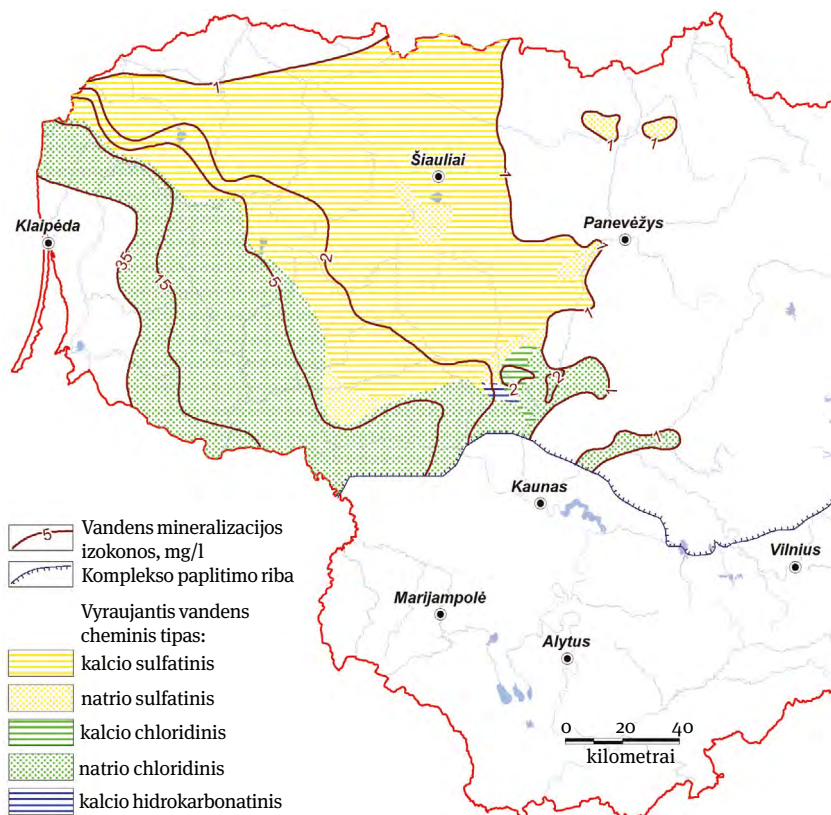


35 pav. Mineralinio vandens paplitimas vidurinio–apatinio devono vandeningajame komplekse (Gedžiūnas, 2010).

rytų kryptimi nuo šios linijos iki gėlo vandens zonos, vyrauja silpnai sūrokas ir sūrokas įvairaus cheminio tipo sulfatinis vanduo (1–3,3 g/l): Ca-SO_4 , Ca-Mg-SO_4 , $\text{Ca-Na-HCO}_3\text{-SO}_4$, Ca-Cl-SO_4 , Ca-Na-Cl-SO_4 ir pan. Kai vandens mineralizacija pasiekia 2,6–3 g/l, formuojasi chloridinis-sulfatinis mišrios kationinės sudėties vanduo – mažėja sulfatų, o didėja chloridų ir natrio koncentracija. Tolstant į vakarus, atsiranda sūrus (5–15 g/l) ir labai sūrus (15–35 g/l) natrio chloridinis vanduo (36 pav.).

Vandens cheminės sudėties pokyčius lemia ne tik geografinė padėtis, bet ir geologinės sąlygos, pavyzdžiui, sūroko vandens pritekėjimas iš giliau slūgsančių vandeningųjų sluoksnių tektoninių lūžių ar gilių erozinių įrėžių vietose. Ypač išsiskiria hidrogeocheminiai anomalūs plotai, pavyzdžiui, Kėdainių ir Jonavos apylinkėse, kur komplekso apačioje susikaupia sūrokas ar net sūrus mineralinis vanduo (2–8 g/l), apsuptas gėlo vandens.

Įstro-Tatulos (D_3ys-t), Kupiškio-Suosos (D_3kp-s) vandeningieji sluoksniai pasižymi įvairia požeminio vandens chemine sudėtimi, kuri glaudžiai susijusi su geologinėmis sąlygomis, ypač gipsingų uolienu paplitimu. Dėl Tatulos stovymėje esančių gipso lęšių ir tarp sluoksnių, ypač Šiaurės Lietuvoje, aktyviai vyksta karsto procesai: gipsas tirpsta infiltruojantis vandeniui, o tai lemia specifinės sudėties mineralinio vandens formavimąsi. Į pietvakarius ir vakarus nuo Pakruojo ir Kėdainių šie procesai

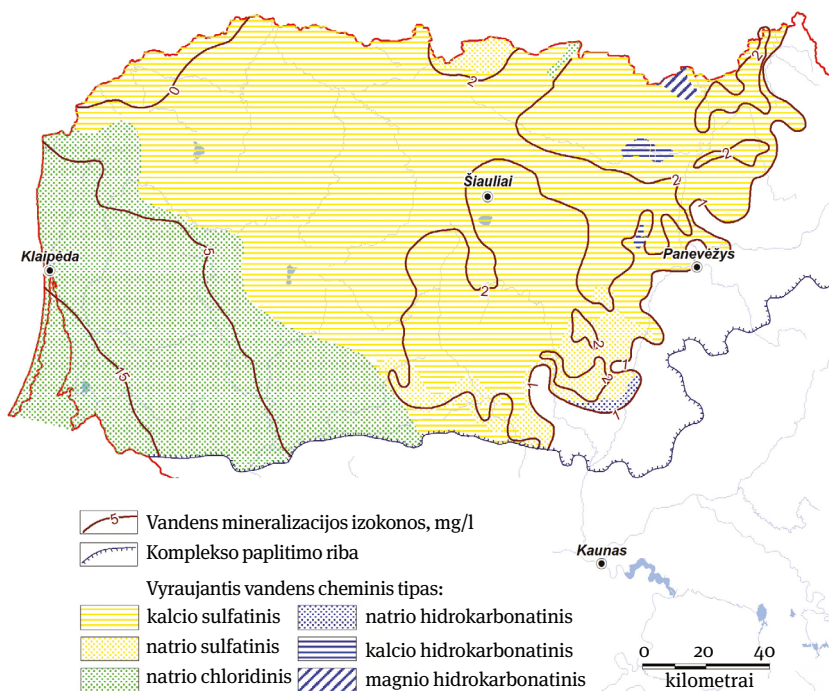


36 pav. Mineralinio vandens paplitimas Šventosios-Upninkų vandeningajame komplekse (Gedžiūnas, 2010).

rimsta grimstant sluoksniams ir storėjant juos dengiančiai vandensparai, menksta uolienuų plyšiuotumas ir filtracinės savybės.

Dažniausiai šiuose sluoksniuose aptinkamas silpnai sūrokas arba sūrokas, iki 3 g/l bendrosios mineralizacijos, kalcio sulfatinis (Ca-SO_4) vanduo (37 pav.). Tokia sudėtis išlieka ir toliau į vakarus bei pietvakarius – iki Salantų, Plungės, Skaudvilės bei Viduklės apylinkių. Šiame vandenyje sulfatai dažniausiai sudaro 70–80 %, o hidrokarbonatai – 10–20 %. Kai vandens mineralizacija yra didesnė nei 3 g/l, sulfatų dalis gali siekti net 90 %. Tai lemia prisotinimas gipsu – cheminė sudėtis priklauso nuo gipso tirpimo intensyvumo.

Šiuose sluoksniuose dažniausiai susidaro mineralinis vanduo, kurio sudėtyje vyrauja kalcio sulfatai, bet pasitaiko ir mišrių junginių su hidrokarbonatais, natriu ir magniu. Kai kur, pavyzdžiui, Raseinių, Ariogalos, Dotnuvos apylinkėse, randamas ir natrį sulfatinis (Na-SO_4) vanduo. Tarp kalcio ir natrį sulfatinio vandens zonų kai kuriose vietovėse, pavyzdžiui,

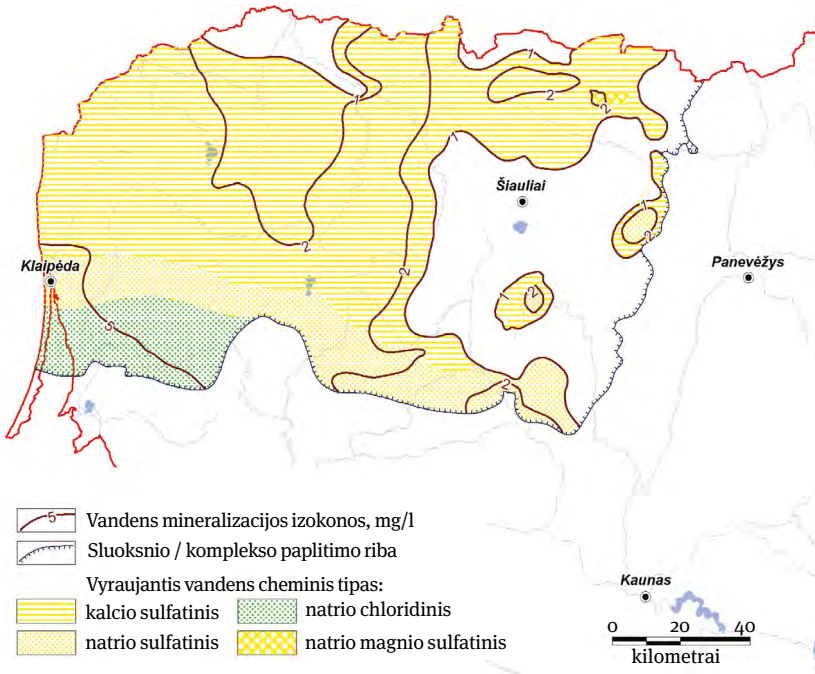


37 pav. Mineralinio vandens paplitimas Įstro-Tatulos ir Kupiškio-Suosos vandeninguosiuose sluoksniuose (Gedžiūnas, 2010).

Pasvalio ar Laukuvos apylinkėse, pasitaiko hidrokarbonatinio (Ca-HCO_3 , Mg-HCO_3 , Na-HCO_3) tipo mineralinio vandens, kurio mineralizacija siekia apie 1,3–2,5 g/l. Toliau į pietvakarius, kur šie vandeningieji sluoksniai slūgso pakankamai giliai (apie –480––440 m abs. a.), juose formuojasi jau natrio chloridinės sudėties sūrus (5–15 g/l) mineralinis vanduo.

Stipinų (D_3 ,st) vandeningajame sluoksnyje net gėlame vandenyje daug kur vyrauja ne hidrokarbonatų, o sulfatų jonai. Taip yra todėl, kad šis sluoksnis slūgso tarp gipso turinčių Pakruojo ir Pamūšio darinių. Vandens mineralizacijai padidėjus iki 0,8–1 g/l, išryškėja sulfatų pagausėjimas hidrokarbonatų sąskaita, o pasiekus 2 g/l ribą įsivyrėja sulfatai. Tokiu atveju formuojasi įvairios sudėties mineralinis vanduo – nuo paprastesnių, kur vyrauja kalcio, magnio ar natrio sulfatai, iki mišrių tipų su hidrokarbonatais, pavyzdžiui, $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$, $\text{Ca-Na-HCO}_3\text{-SO}_4$ ar Ca-Na-SO_4 .

Silpnai sūroko (1–2 g/l) mineralinio vandens paplitimas šiame sluoksnyje yra netolygus. Siaura juosta jis driekiasi nuo Upynos ir Raseinių per Kuršėnus iki Naujosios Akmenės ir pasitaiko, pavyzdžiui, Sedos, Telšių apylinkėse (38 pav.). Toks sudėtingas paplitimas susijęs su Žemaičių



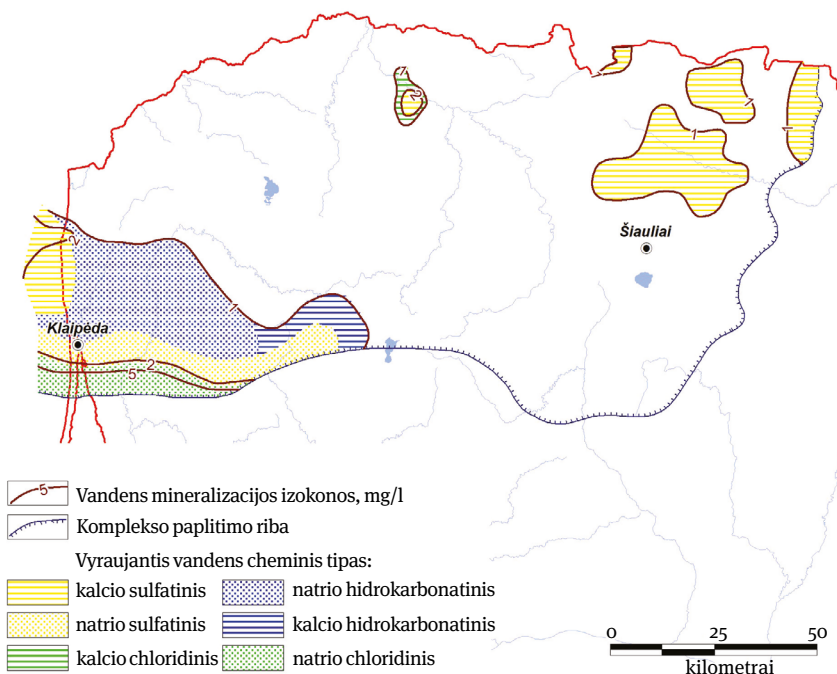
38 pav. Mineralinio vandens paplitimas Stipinų vandeningajame sluoksnyje (Gedžiūnas, 2010).

aukštumos – pagrindinės požeminio vandens mitybos srities – poveikiu bei gipso priemaišomis viršutiniuose sluoksniuose, ypač Joniščio regione.

Gilėjant sluoksniui ir lėtėjant vandens apytakai, ypač vakarinėje Lietuvos dalyje nuo Raseinių iki Klaipėdos, ima vyruoti natrio sulfatinis (Na-SO_4) vanduo. Pietvakariniame sluoksnių pakraštyje – Priekulės ir Švėkšnos apylinkėse – formuojasi sūrus natrio chloridinis (Na-Cl) arba mišrus Na-Ca-Cl-SO_4 tipo vanduo, kurio mineralizacija siekia 4–7 g/l. Be to, vakarinėje šalies dalyje ir pajūryje Stipinų sluoksniui būdingos prastos filtracinės savybės.

Famenio (D_3 fm) vandeningajame komplekse vietomis formuojasi lokali hidrocheminė anomalija – dažniausiai silpnai sūrokas (iki 2 g/l) kalcio sulfatinis mineralinis vanduo, ypač Joniščio apylinkėse (39 pav.). Šių anomalijų atsiradimas siejamas su gipsingų uolienu paplitimu. Mažeikių apylinkėse aptikto sūroko (apie 3 g/l) kalcio sulfatinio ir chloridinio vandens kilmė gali būti susijusi su aktyvesnių tektoninių lūžių zona ir giluminio vandens iškrova į viršutinius sluoksnius.

Pajūrio zonoje – Palangos, Klaipėdos, Gargždų ir Rietavo apylinkėse – famenio kompleksui būdingas tarp sluoksnių kilmės mineralinis vanduo. Čia, einant iš šiaurės į pietus, formuojasi skirtingos cheminės



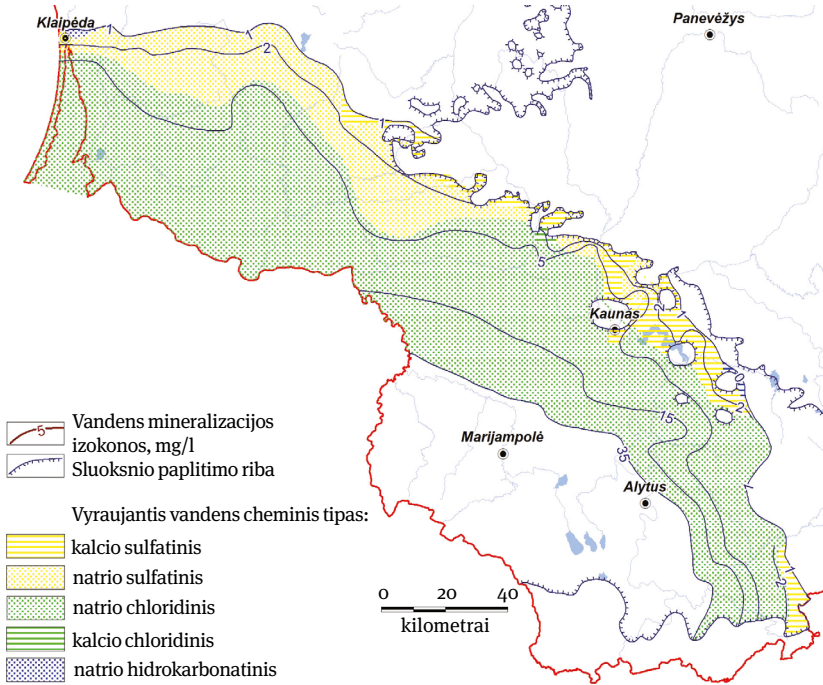
39 pav. Mineralinio vandens paplitimas famenio vandeningajame komplekse (Gedžiūnas, 2010).

sudėties mineralinis vanduo – natrio hidrokarbonatinis, natrio sulfatinis ir natrio chloridinis. Jo mineralizacija svyruoja nuo 2 iki 6 g/l – nuo silpnai sūroko iki sūraus.

Palangos apylinkėse Kruojos kaverningo dolomito sluoksnis žymi ribą tarp gėlo ir mineralinio vandens zonų. Čia aptinkamas didesnės (daugiau kaip 1 g/l) mineralizacijos vanduo, kuriame vyrauja hidrokarbonatų, sulfatų, magnio ir kalcio jonai. Tolstant į pietus, vandens mineralizacija didėja, o cheminė sudėtis keičiasi – pietiniame komplekso pakraštyje jau formuojasi sūrus natrio chloridinio tipo mineralinis vanduo, kurio mineralizacija gali siekti iki 6,6 g/l.

Viršutinio permio (P₂) vandeningajame sluoksnyje mineralinis vanduo kaupiasi pietinėje ir pietvakarinėje Lietuvos dalyje – į pietus nuo linijos, einančios per Klaipėdą, Rietavą, Raseinius, Jonavą, Žiežmarius ir Eišiškes (40 pav.). Šiame sluoksnyje einant gilyn vandens mineralizacija dėsningai didėja – nuo 1 iki 56 g/l. Mažesnės mineralizacijos – silpnai sūrokas (1–2 g/l) ir sūrokas (2–5 g/l) – vanduo dažniausiai būna kalcio arba natrio sulfatinis, priklausantis įvairiems cheminiams tipams (pvz., kalcio sulfatinis, natrio ir kalcio sulfatinis ir pan.).

Kai vandens mineralizacija siekia 5–15 g/l, vanduo tampa sūrus – būdingas natrio chloridinio tipo klasei. Tokiais atvejais dažniausiai



40 pav. Mineralinio vandens paplitimas viršutinio permovandeninajame sluoksnyje (Gedžiūnas, 2010).

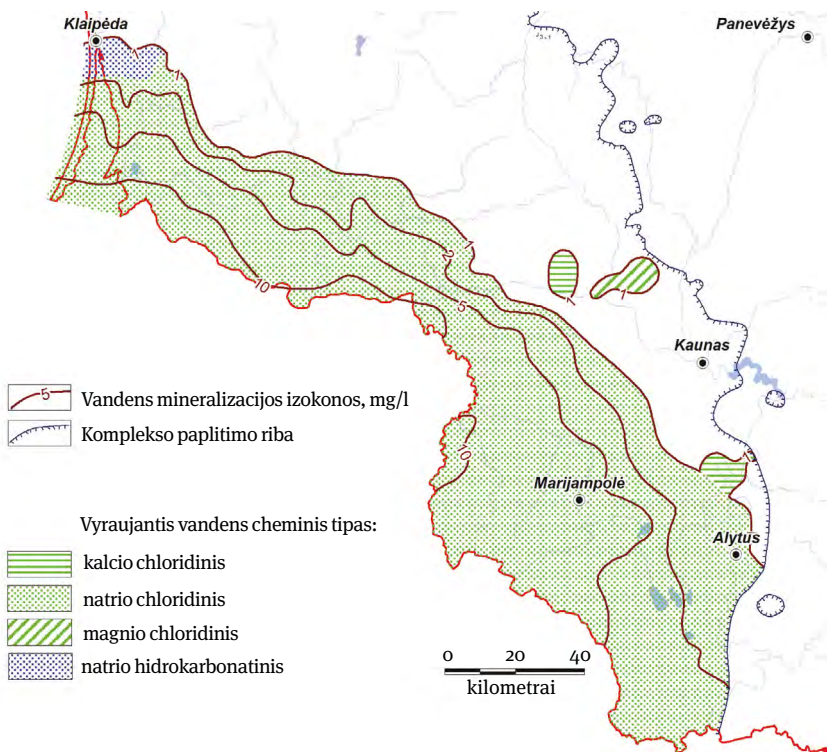
aptinkami natrio chlorido sulfatiniai, natrio ir kalčio chlorido sulfatiniai ar panašūs vandens cheminiai tipai. Labai sūrus vanduo (15–35 g/l) visada yra natrio chloridinis. Natrio sulfatinio tipo vandens (iki 4–5 g/l) paplitimo riba Lietuvoje eina 200–360 m žemiau jūros lygio altitudėmis. Ji driekiasi nuo Gargždų per Kvedarną, Skaudvilę iki Ariogalos bei Kauno apylinkių. Nuo šios ribos pietų–pietvakarių kryptimi apie 25–40 km pločio juostoje, iki pat Smalininkų, permovandeninajame sluoksnyje vyrauja sūrus natrio chloridinis vanduo (40 pav.). Dar toliau į pietus, Suvalkijoje ir Dzūkijoje, mineralinio vandens paplitimą riboja požeminiai sūrymai. Jų zona prasideda ties sąlygine linija, einančia per Kudirkos Naumiestį, Šešupės vidurupį, Balbieriškį, Alovę ir Puvočius. Į pietvakarius nuo šios linijos vyrauja sūrymas, kurio druskingumas yra didesnis nei 35 g/l.

Apatinio triaso (T₁) vandeningasis sluoksnis Lietuvoje yra paplitęs tik tam tikrose vietovėse. Daugiausiai jo aptinkama Mozūrijos-Baltarusijos anteklizės šlaite, Merkio baseino žemupio ir vidurupio srityje – abipus Nemuno tarp Druskininkų ir Birštono. Čia į triaso molio storumę įsiterpia apvandeninti smėlio ir klinties tarp sluoksniai.

Tektoninių lūžių zonomis kylantis požeminis sūrymas Druskininkų rajone formuoja nuo seno žinomą injekcinį mineralinio vandens telkinį.

Kurorte išgaunamo natrio chloridinio (Na-Cl) sūrymo mineralizacija siekia 53–54 g/l. Pietvakarių Lietuvoje, pietuose nuo Birštono–Šakių–Jurbarko–Šilutės linijos, margaspalviame triaso molyje sporadiškai pasitaiko vandeningų uolienų, kuriose vandens mineralizacija siekia 30–25 g/l, o vyraujantys cheminiai elementai yra natrio ir chloro jonai. Dėl fragmentiško mineralinio vandens išplitimo šiame sluoksnyje mineralinio vandens paplitimo žemėlapis nesudarytas.

Juros (J_{2-1}) vandeningajame komplekse skiriami du vandeningieji sluoksniai – oksfordžio ir kelovėjo–apatinės jūros. Komplekse vyrauja **sluoksninio tipo** mineralinis vanduo, tačiau kai kur pasitaiko retų injekcinio tipo hidrogeocheminių anomalijų. Jų poveikį slopina pakankamai išsilaikusi regioninė triaso vandenspara, skirianti kainozojaus–mezozojaus ir paleozojaus hidrogeologinius aukštus. Požeminio vandens mineralizacija šiame komplekse didėja dėsningai – einant gilyn ir pietvakarių kryptimi. Šiaurinėje sluoksnio dalyje vyrauja gėlas vanduo (mineralizacija apie 0,25 g/l), o pietvakarinėje dalyje – sūrus, jo mineralizacija gali siekti 11–13,5 g/l (pvz., ties Šilute, Nida, Rusne, 41 pav.).



41 pav. Mineralinio vandens paplitimas jūros vandeningajame komplekse (Gedžiūnas, 2010).

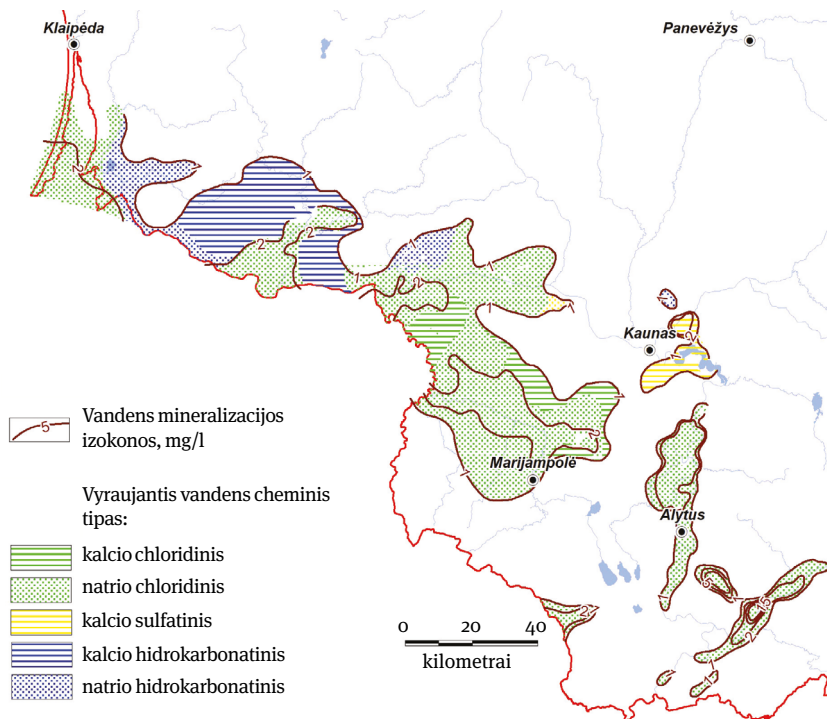
Mineralinis požeminis vanduo, kurio bendroji mineralizacija yra didesnė nei 1 g/l, paplitęs tose vietovėse, kur vandeningojo komplekso kraigas slūgso nuo –120 iki –100 m žemiau jūros lygio, t. y. šiaurinėje komplekso paplitimo dalyje. Vanduo, kurio mineralizacija viršija 10 g/l, aptinkamas vietose, kuriose kraigas yra giliau nei 200 m žemiau jūros lygio – į pietus nuo Preilos (Kuršių nerijoje), Šilutės, Pagėgių, Jurbarko rajonų ir pačiame pietvakariniame Lietuvos pasienyje.

Pietinėje šalies dalyje, Suvalkijos ir Dzūkijos regionuose, vandeninajame komplekse, kurio kraigas slūgso nuo 360 iki –160 m žemiau jūros lygio, aptinkamas 5–9 g/l mineralizacijos natrio chloridinis mineralinis vanduo. Kybartų ir Virbalio apylinkėse šio vandens mineralizacija yra didesnė nei 10 g/l.

Pagal cheminę sudėtį dažniausiai pasitaiko natrio chloridinis mineralinis vanduo, kuris vyrauja tiek silpnai sūroko (2–5 g/l), tiek sūraus (5–15 g/l) vandens plotuose. Kai kuriose vietovėse, pavyzdžiui, Kuršių nerijoje bei Šilutės, Pagėgių ir Jurbarko rajonuose, aptinkami mišrūs cheminiai vandens tipai, tokie kaip natrio chloridiniai sulfatiniai (Na-Cl-SO_4) arba kalcio ir natrio sulfatiniai ir chloridiniai ($\text{Ca-Na-SO}_4\text{-Cl}$). Silpnai sūrokas (1–2 g/l) vanduo, pasižymintis didele anijonų ir katijonų įvairove, randamas nedideliame plote Klaipėdos, Priekulės ir Švėkšnos apylinkėse. Šiose vietose vyrauja hidrokarbonatiniai (HCO_3) ir chloridiniai (Cl) anijonai, o tarp katijonų – natriis (Na). Silpnai sūrokas ir sūrokas vanduo kai kur įsiterpia į jūros nuogulų gėlo vandens paplitimo arealus, pavyzdžiui, dešiniajame Nemuno kranto Gelgaudiškio–Vilkijos ruože bei Prienų ir Birštono apylinkėse.

Cenomanio–apatinės kreidos ($K_2\text{cm-K}_1$) vandeninajame sluoksnyje mineralinio vandens formavimąsi lemia du pagrindiniai veiksniai. Pirma, sluoksniui gilėjant, sumažėja vertikali vandens apytaka, todėl dėsningai didėja jo mineralizacija. Antra, tektoninių lūžių ir trupinimo zonose sūrus vanduo kyla link žemės paviršiaus ir sudaro vietines hidrogeocheminės anomalijas (žr. *Lietuvos geologija*, 1994). Būtent šiose zonose didžiausia vandens mineralizacija gali siekti 5–32 g/l. Tokiuose židiniuose požeminis vanduo dažniausiai būna natrio chloridinio tipo (Na-Cl), o kai kur – kalcio chloridinio (Ca-Cl). Šiose srityse susiformavusiose kupoliškose struktūrose telkiasi mineralizuotas vanduo. Jos išsidėsčiusios palei Nemuną Druskininkų–Birštono ruože, Merkio žemupyje nuo Varėnos, Šešupės ir Nemuno tarpupyje nuo Marijampolės bei Kazlų Rūdos iki Smalininkų ir Gelgaudiškio, taip pat Jūros žemupyje per Tauragę ir Pagėgius, pietiniame pamaryje ir Kuršių nerijoje (42 pav.). Šiose vietovėse mineralizacija gali būti nuo 1,9 iki 32 g/l.

Tarp gėlo ir sūraus vandens zonų yra pereinamosios sritys, kuriose susiformuoja mišrios sudėties vanduo. Čia jo mineralizacija siekia

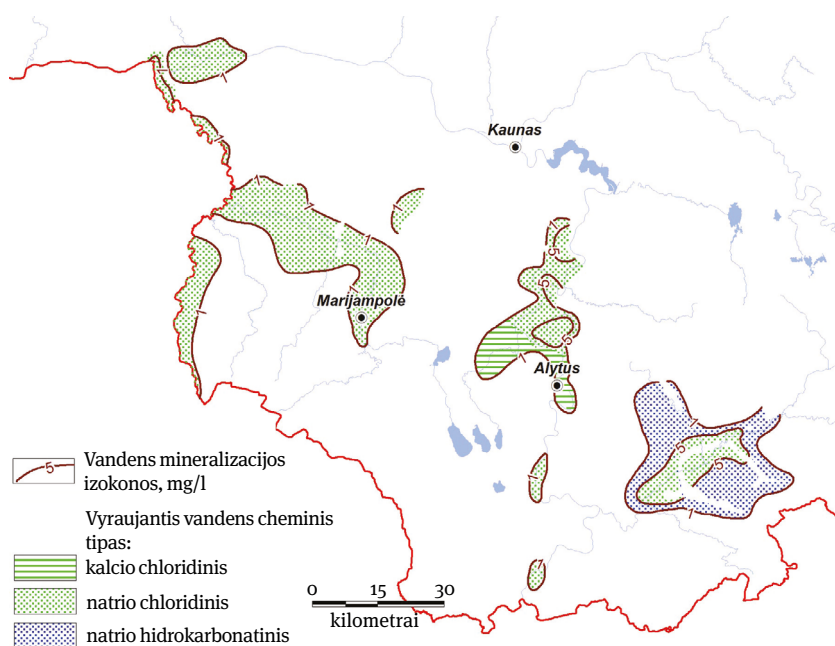


42 pav. Mineralinio vandens paplitimas cenomanio–apatinės kreidos vandeningajame sluoksnyje (Gedžiūnas, 2010).

0,9–1,9 g/l, vanduo yra kalčio ir natrio chloridinio hidrokarbonatinio tipo (Ca-Na-Cl-HCO_3). Toliau nuo židinių, kur sumažėja chloridų koncentracija, vyrauja natrio ir kalčio hidrokarbonatinis chloridinis vanduo.

Viršutinės kreidos (K_2) vandeningasis sluoksnius Lietuvoje pasižymi tuo, kad mineralinis arba didesnės mineralizacijos vanduo jame susidaro tik specifinėmis – anomaliomis – geologinėmis ir hidrogeocheminėmis sąlygomis. Pirmiausia tokio vandens formavimasis siejamas su tektoninių lūžių zonomis. Šalia jų dažnai susiformavę gilūs eroziniai įrėžiai drenuoja gilesnių jūros, triaso sluoksnių mineralinį vandenį. Esant tinkamam slėgio pasiskirstymui, kai gilesniuose sluoksniuose slėgis yra aukštesnis nei viršutiniuose, sūrus vanduo, arba sūrymas, skverbiasi į viršutinės kreidos vandeningąjį sluoksnį. Formuojasi vietiniai didesnės mineralizacijos plotai, apsupti gėlo vandens, kuriuose ištirpusių medžiagų kiekis vandenyje gali siekti 12–25 g/l.

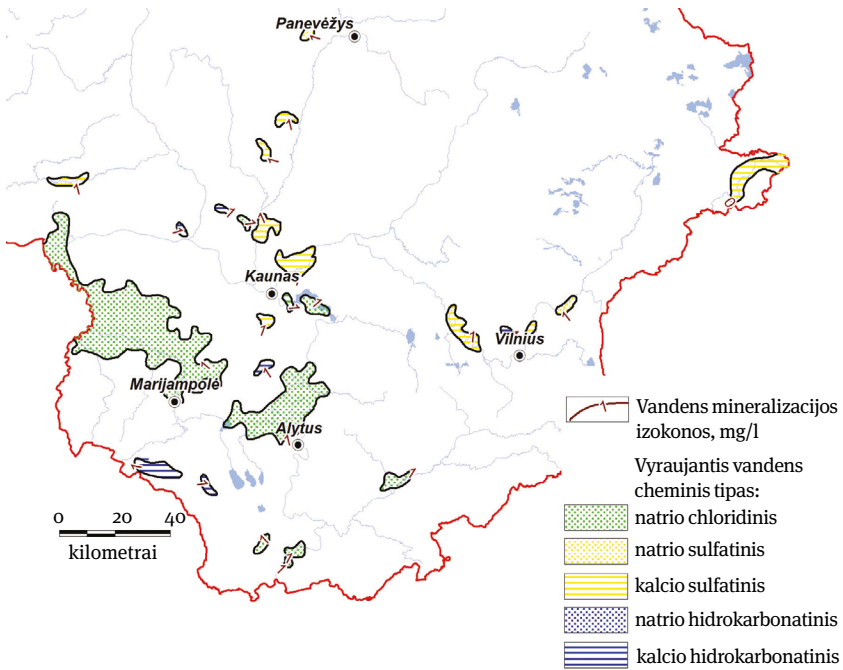
Reikšmingiausios šios hidrogeocheminės anomalijos: ties Birštonu (Birštono mineralinio vandens telkinys), palei Merkį Varėnos apylinkėse, taip pat prie Šešupės žemiau Marijampolės, Nemuno senslėnyje ties Druskininkais ir Nemunaičiu, prie Jurbarko bei Lietuvos-Rusijos



43 pav. Mineralinio vandens paplitimas viršutinės kreidos vandeningajame sluoksnyje (Gedžiūnas, 2010).

(Kaliningrado srities) pasienyje (43 pav.). Šiuose židiniuose vanduo dažniausiai yra natrio chloridinio (Na-Cl) tipo, jo mineralizacija siekia nuo 3,6 iki net 25 g/l. Mažesnės mineralizacijos (iki 4,5 g/l) vanduo pasižymi didesne chemine įvairove. Be natrio chloridinio tipo, pasitaiko ir kalcio hidrokarbonatinio (Ca-HCO_3), kalcio chloridinio (Ca-Cl) ar magnio chloridinio (Mg-Cl) tipo vanduo. Tai rodo, kad viršutinės kreidos sluoksnyje vyksta įvairūs cheminiai procesai, priklausantys nuo vietinių geocheminių sąlygų (žr. Šonta, 1999; Klimas, 2006).

Kvartero vandeningasis kompleksas. Paprastai šio komplekso sluoksniuose požeminis vanduo yra gėlas, susidaręs dėl paviršinio vandens infiltracijos. Tačiau šio arčiausiai žemės paviršiaus esančio vandeningojo komplekso hidrogeocheminė aplinka gali reikšmingai pasikeisti. Ypač tai pasitaiko aktyvių tektoninių lūžių zonose, kur iš gilesnių geologinių sluoksnių į viršutinės dalis gali prasiskverbti labai sūrus vanduo. Tokiose vietose požeminio vandens mineralizacija tarpmoreninėse nuogulose gerokai padidėja, keičiasi jo cheminė sudėtis ir tipas. Susiformuoja sluoksninės ir židininio injekcinio tipo hidrogeocheminės anomalijos. Tokia hidrocheminė situacija dažna tam tikruose Nemuno, Merkio, Šventosios, Nevėžio, Tatulos slėnių ruožuose bei smėlinėmis nuosėdomis užpildytų didesnių paleoįrežių sistemų vietose (44 pav.).



44 pav. Mineralinio vandens paplitimas kvartero vandeninguosiuose sluoksniuose (Gedžiūnas, 2010).

Sluoksninio tipo hidrogeocheminės anomalijos dažniausiai aptinkamos kvartero ir gipsingų darinių, tokių, kaip Pamūšio, Įstro-Tatulos, rečiau viršutinio permio, sandūros zonose (44 pav.). Tokios anomalijos formuojasi palankiomis hidrodinaminėmis sąlygomis, kai susilpnėja arba visiškai išnyksta šiuos sluoksnius skiriančios vandensparos. Tokiu atveju į kvartero storumę gali patekti vietinės kilmės sulfatinio (Ca-SO_4 , Na-SO_4) arba mišraus – hidrokarbonatinio sulfatinio ($\text{HCO}_3\text{-SO}_4$) tipo mineralinio vandens šaltiniai. Šiuose vandenyse ištirpusių mineralinių medžiagų kiekis nėra didelis – dažniausiai siekia 1–4 g/l. Ypač palankios sąlygos tokių sluoksninių anomalijų formavimuisi yra vietomis abipus Nevėžio žemupio senslėnio.

Didesnio masto ir dažniau pasitaikančios yra vadinamosios židininės injekcinės anomalijos, kur iš gilesnių geologinių sluoksnių į paviršių kyla stipriai mineralizuotas požeminis vanduo, daugiausia natrio chloridinio (Na-Cl) tipo. Tokiose vietovėse bendras ištirpusių medžiagų kiekis vandenyje gali siekti 3–12 g/l. Šios anomalijos žinomos įvairiose Lietuvos vietovėse: Nemuno slėnyje ties Druskininkais ir Birštonu, prie Verknės (Stakliškėse), taip pat prie Merkio ties Varėna. Tam tikri jų požymiai matomi ir palei Šešupę Kudirkos Naumiesčio–Marijampolės–Kazlų Rūdos apylinkėse. Tokiose vietose tarp įprasto gėlo vandens susiformuoja

mineralizuoto vandens įterptys, kurių cheminė sudėtis gali būti labai įvairi – nuo hidrokarbonatinio iki chloridinio tipo. Šiose zonose chloridų kiekis dažnai siekia 40–55 %, o natrio – 40–70 %. Būdingiausi tokio vandens cheminiai tipai – $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ arba $\text{Ca-Na-HCO}_3\text{-Cl}$. Ypač ryški tokio pobūdžio hidrogeocheminė zona driekiasi palei Šešupės slėnį ir toliau tęsiasi Nemuno tarpupyje. Čia gėlas kvartero darinių vanduo maišosi su iš gilesnių sluoksnių kylančiu mineraliniu vandeniu, todėl mineralizacija gali svyruoti nuo 1–3 iki net 12 g/l. Susimaišiusio gėlo ir sūraus vandens tipas apatinėje kvartero storymės dalyje išlieka natrio chloridinis (Na-Cl).

Druskininkuose, telkinio struktūros pakilimo („kupolo“) zonoje, vandens mineralizacija yra 2,5–9 g/l, tačiau kylant aukštyrų požeminiuose sluoksniuose ji palaipsniui mažėja, kol vanduo tampa beveik gėlas. Birštono telkinyje kvartero kompleksas yra pagrindinis vidutinės mineralizacijos (7–9 g/l) natrio ir kalcio chloridinio (Na-Ca-Cl) tipo mineralinio vandens šaltinis (žr. Šonta, 1999; Klimas, 2006).

Sūrymų slūgsojimo sąlygos, sudėtis ir panaudojimo perspektyvos

Šalia geriamajam vandeniui tinkamų naudoti šaltinių ir mineralinio vandens telkinių Lietuvos gelmėse slypi ir kiti mažiau pažinti, tačiau vertingi vandens telkiniai – sūrymai. Tai didelės mineralizacijos požeminis vanduo, kuriame ištirpusių medžiagų koncentracija yra didesnė nei 35 g/l. Dėl šios priežasties sūrymai kartais vadinami „požeminėmis druskų jūromis“.

Sūrymai Lietuvoje yra paplitę įvairiuose geologiniuose sluoksniuose – nuo 500 iki 2 000 m gylyje, o jų sudėtis atspindi sudėtingą geologinę šalies istoriją. Jie dažniausiai priklauso natrio chloridiniam tipui, t. y. juose vyrauja natrio ir chlorido jonai.

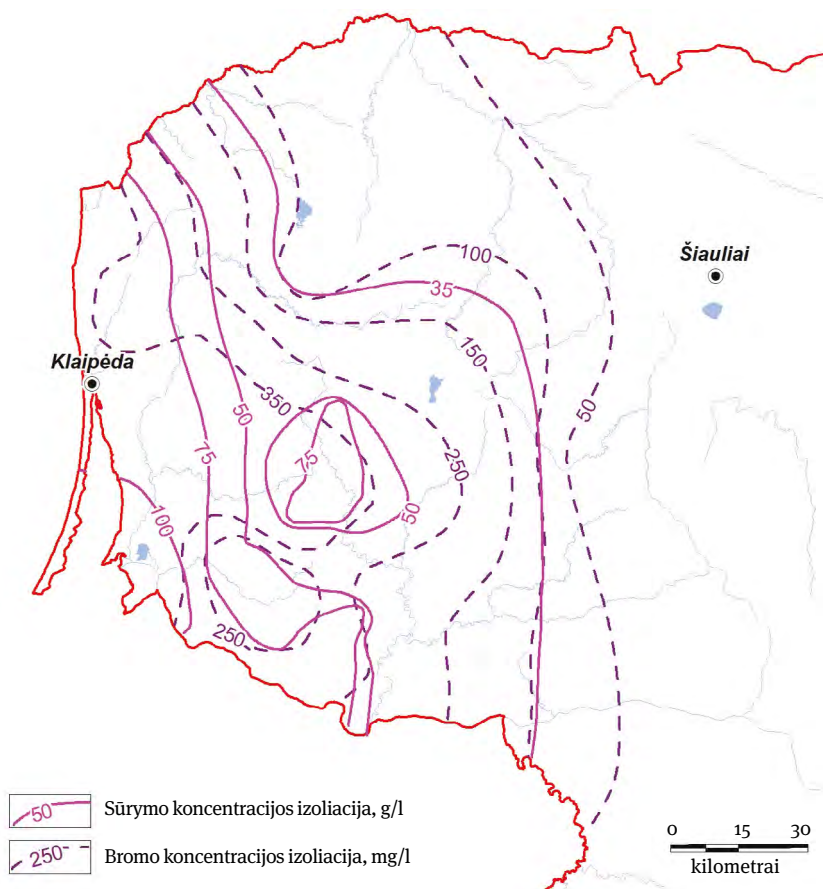
Be pagrindinių druskų, šiuose vandenyse randama ir tokių svarbių mikroelementų, kaip bromas, jodas, stroncis, litis ar kalis, kurie gali būti išgaunami pramoniniu būdu. Atsižvelgiant į tai, sūrymų paplitimas, cheminė sudėtis ir panaudojimo galimybės tampa svarbiu tyrimų ir vertinimo objektu tiek moksliniu, tiek praktiniu požiūriu.

Pateikiame apibendrintą informaciją apie sūrymus, parengtą remiantis „Požeminio vandens atlaso“ duomenimis (žr. Kadūnas ir kt., 2018).

Vidurinio–apatinio devono vandeningasis kompleksas yra pirmas nuo žemės paviršiaus kolektorius, kuriame jau gali formuotis pramoninės kondicijos sūrymas. Šiame komplekse yra sūrymai, paplitę Vakarų Lietuvoje – Kretingos, Klaipėdos, Šilutės, Tauragės ir Šilalės rajonuose. Sūrymų paplitimo rytinė riba (vandens mineralizacija didesnė nei 35 g/l) nuo čia siekia vakarinę Jurbarko, Raseinių ir Kelmės rajonų dalį, toliau per

Telšių ir Plungės rajonus staigiai pasisuka į vakarus ir šiaurėje pasiekia Skuodo rajoną (45 pav.). Šioje dalyje vandeningojo komplekso kraigas slūgso 800–900 m gylyje. Nors sūrymų cheminė sudėtis visame paplitimo areale išlieka gana pastovi, pastebimas jo mineralizacijos (druskingumo) didėjimas einant pietvakarių kryptimi bei didėjant komplekso slūgsojimo gyliui. Iš svarbių mikroelementų šiame sluoksnyje pramoninę reikšmę dažniausiai turi bromas – jo koncentracija (didesnė nei 350 mg/l) aptinkama Klaipėdos, Šilalės ir Nemuno deltos vietoje. O jodo kiekis sūrymuose išlieka nedidelis ir retai siekia 2,2–2,8 mg/l.

Silūro–ordoviko vandeningasis kompleksas daugiausia yra sudarytas iš molingų karbonatinių uolienų, todėl dažnai laikomas regionine vandensparine storyme. Tačiau kai kuriose vietose, ypač Mozūrijos-Baltarusijos anteklizės šlaite, dėl poringų karbonatinių uolienų jis tampa

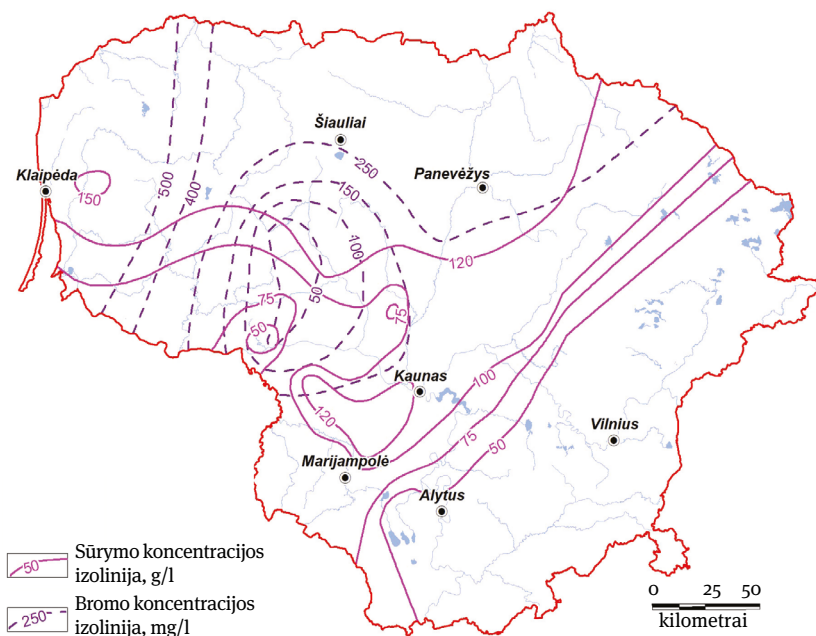


45 pav. Sūrymų paplitimas vidurinio–apatinio devono vandeningajame komplekse (Kadūnas ir kt., 2018).

vandeningas. Daugiausia vandens kaupiasi viršutinėje storymės dalyje, nors vandeningi intervalai aptinkami ir gilesniuose sluoksniuose.

Hidrogeochemiškai šis kompleksas pasižymi didele požeminio vandens įvairove, tačiau sūrymai jame pradeda atsirasti į vakarus nuo linijos Prienai–Kaišiadorys–Daugpilis (46 pav.). Šiame komplekse vanduo pasiskirstęs sporadiškai. Tai nėra vientisas struktūrinis vandeningas sluoksnis, tačiau hidrogeodinamiškai jis veikia kaip bendra hidraulinė sistema. Kompleksas – labai storas, dėl skirtingos uolienų litologinės sudėties, netolygaus tarp sluoksnių uždarumo ir chaotiško laidžių lęšių pasiskirstymo jo filtracinės savybės yra nevienodos. Tektoninės plyšių zonos sąlygoja vertikalią vandens migraciją į aukščiau slūgsančius sluoksnius, todėl sūrymų mineralizacija kinta tiek horizontaliai, tiek vertikaliai, dažnai sudarydama anomalijas: giliau esantis sūrymas gali būti mažesnės koncentracijos nei viršutiniuose sluoksniuose.

Sūrymų paplitimas šiame komplekse yra labai mozaikiškas, pavyzdžiui, Jurbarko rajone 1 000–1 100 m gylyje nustatyti silpni sūrymai (17–52 g/l), o Kauno ir Šakių rajonuose vos 580–700 m gylyje slūgso stipriai mineralizuoti sūrymai (120–150 g/l). Palei Lietuvos-Rusijos pasienį su Kaliningrado sritimi sūrymų mineralizacija siekia 50–100 g/l. Tipiški sūrymų gyliai – 600 m (Kauno r.), 1 500–1 600 m (Kelmės r.) ir



46 pav. Sūrymų paplitimas silūro–ordoviko vandeningajame komplekse (Kadūnas ir kt., 2018).

2 000–2 100 m (Klaipėdos r.). Laidesnių uolienu, kaupiančių didesnę sūrymų kiekį, dažniau aptinkama Vidurio Lietuvoje – teritorijoje tarp Kauno, Panevėžio, Radviliškio, Kelmės ir Jurbarko, taip pat Marijampolės ir Alytaus apylinkėse.

Bromo koncentracija šio komplekso sūrymuose nėra didelė – Vidurio Lietuvoje ji vidutiniškai siekia apie 250 mg/l. Didesni bromo kiekiai vandenyje nustatyti tik mažai vandeningoje vakarinėje dalyje (Klaipėdos r., Laugaliai). Jodo koncentracija taip pat nedidelė – nuo 0,4 iki 9,4 mg/l, o vidutinė reikšmė tesiekia apie 3 mg/l.

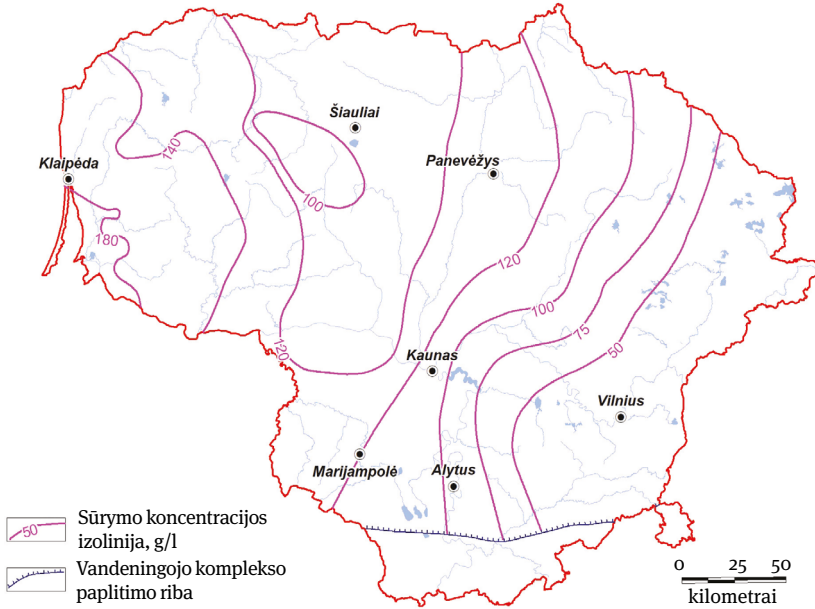
Nors kompleksas labai storas, didesnis molingumas, chaotiškas laidžių tarp sluoksnių išsidėstymas bei menkas apvandeninimas lemia nedidelę šio komplekso praktinę reikšmę. Todėl nei požeminio vandens eksploatavimas, nei bromo išgavimas iš čia esančių sūrymų šiuo metu nėra perspektyvūs.

Apatinio ordoviko–kambro vandeningajame komplekse sūrymai atsiranda maždaug 500 m gylyje jau Trakų, Širvintų ir Molėtų rajonuose, 1 350 m gylyje yra Jurbarko–Raseinių–Radviliškio–Joniškio linijoje, o nuo Tauragės, Telšių, Mažeikių į vakarus jie slūgso giliau negu 1 700 m nuo žemės paviršiaus.

Sūrymo mineralizacija didėja kartu su komplekso grimzdimu – nuo 35–50 g/l pietryčiuose iki 140–180 g/l ir daugiau vakaruose bei šiaurės vakaruose. Labiausiai mineralizuoti sūrymai (daugiau kaip 180 g/l) yra paplitę Nemuno deltoje ir pamaryje. Didelio druskingumo sūrymų zonos apima vakarinę Skuodo, šiaurės vakarinę Plungės, pietvakarinę Telšių bei centrinę Šilalės ir Tauragės rajonų dalis, iš kurių mineralizacijos šleifas tęsiasi Baltijos įdubos link (47 pav.).

Šio komplekso sūrymai pasižymi reikšmingomis bromo atsargomis. Į vakarus nuo Mažeikių–Plungės–Jurbarko linijos bromo koncentracija dažniausiai yra didesnė nei 500 mg/l ir pasiekia pramoninį lygį, ypač ten, kur fiksuojami didžiausios mineralizacijos sūrymai. Jei būtų nustatyti tinkamų filtracinių savybių kolektoriai ir palanki hidrodinaminė aplinka, susidarytų palankios prielaidos bromo gavybai. Jodo koncentracija šiame komplekse yra menka – ji svyruoja nuo 0,5 iki 3,8 mg/l, o vidutinė reikšmė tesiekia 2,6 mg/l, todėl jodo pramoninė gavyba čia laikoma neperspektyvia. Atsižvelgiant į didelę sūrymų mineralizaciją ir reikšmingą bromo kiekį, apatinio ordoviko–kambro kompleksas laikytinas vienu iš pagrindinių bromo turinčio požeminio vandens šaltinių Lietuvoje.

Kambro–vendo vandeningasis kompleksas yra giliausiai nuo žemės paviršiaus slūgstantis nuosėdinės stovymės vandeningasis kompleksas. Jo slūgsojimo gylis didėja vakarų–šiaurės vakarų kryptimi, ta pačia kryptimi didėja ir požeminio vandens druskingumas (mineralizacija). Skirtingai nuo kitų panašių sluoksnių, šis kompleksas beveik visame paplitimo plote



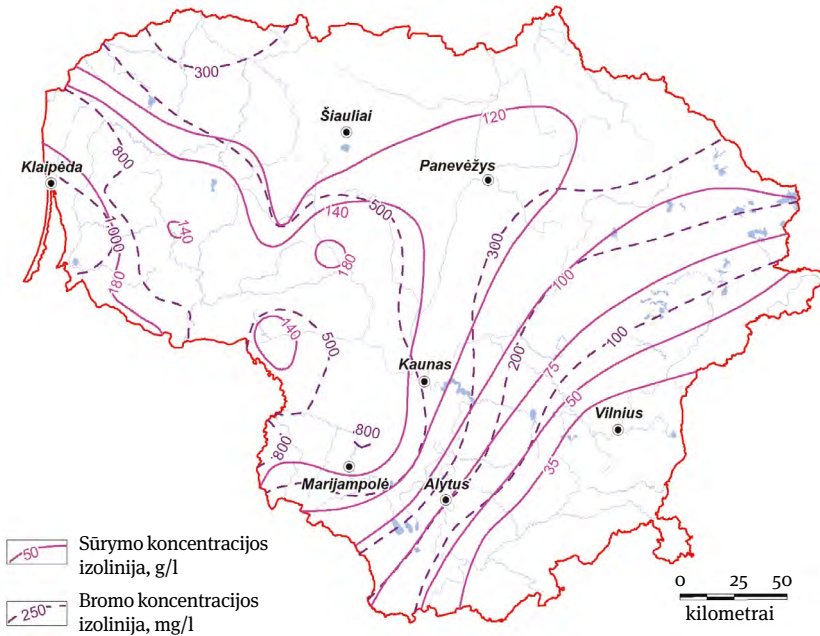
47 pav. Sūrymų paplitimas apatinio ordoviko–kambro vandeningajame komplekse (Kadūnas ir kt., 2018).

yra gerai izoliuotas nuo paviršinio (infiltracinio) vandens, todėl išlaiko stabilią hidrocheminę sudėtį. Be to, jo sūraus ir stipriai mineralizuoto vandens išteklių čia yra labai dideli.

Įvairaus druskingumo sūrymai (mineralizacija didesnė nei 35 g/l) šiame komplekse aptinkami jau pietrytinėje Lietuvos dalyje – į šiaurės vakarus nuo Tverėčiaus–Švenčionių–Sudervės–Rūdiškių–Daugų–Merkinės linijos (48 pav.). Komplekso vandeningi dariniai, kuriuose kaupiasi sūrymai, slūgso skirtingame gylyje:

- 1) pietrytinėje Lietuvos dalyje – giliau nei 500 m;
- 2) vidurinėje dalyje – apie 1 000–1 300 m gylyje;
- 3) pietvakariuose, į vakarus nuo Jūros upės – daugiau nei 2 000 m gylyje.

Hidrocheminė situacija ir hidrogeologinės sąlygos sūrymų susidarymo zonoje labai panašios į apatinio ordoviko–kambro vandeningojo komplekso sąlygas. Šis kambro–vendo kompleksas, kaip ir apatinio ordoviko–kambro, laikomas perspektyviu bromo turinčio pramoninio vandens šaltiniu. Bromo išteklių panaudojimą būtų galima plėtoti kartu abiejuose kompleksuose vakarinėje Lietuvos dalyje, ypač naftos telkinių zonose, nes šio komplekso grėžiniuose buvo nustatytos didžiausios bromo koncentracijos – nuo 1 200 iki 2 400 mg/l. O jodo kiekiai nėra dideli – jų vidurkis siekia 2,3–2,7 mg/l.



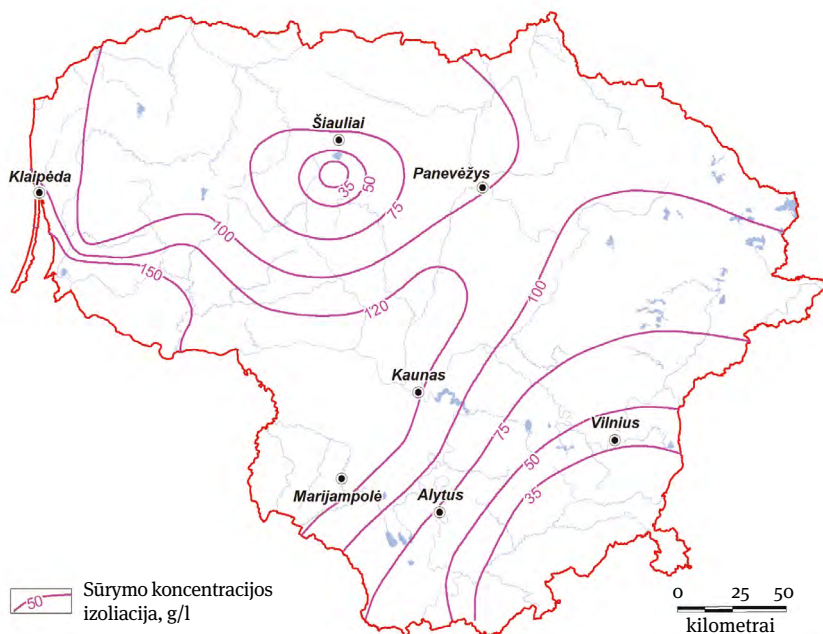
48 pav. Sūrymų paplitimas kambro–vendo vandeningajame komplekse (Kadūnas ir kt., 2018).

Proterozojaus vandeningasis kompleksas, esantis kristalinio pamato plyšiuose ir dūlėjimo žievėje, laikytinas natūralia giliai slūgsančių nuosėdinės dangos vandeningųjų kompleksų – apatinio ordoviko–kambro bei kambro–vendo – tąsa dėl hidraulinio ryšio su šiais kompleksais.

Šiame komplekse sūrymai aptinkami į šiaurės vakarus nuo Marcinonių–Nedingės–Vilkokšnio ežero–Senųjų Trakų–Nemėžio–Šumsko linijos (49 pav.). Tai įvairaus druskingumo natrio chloridinio tipo sūrymai, kurių mineralizacija kai kur siekia 167–164 g/l. Pagal bendrą cheminę sudėtį šie sūrymai yra labai panašūs į aukščiau slūgsančių kambro–vendo uolienu sūrymus, o tai liudija jų bendrą kilmę ir glaudų hidrogeocheminį ryšį.

Bromo koncentracija šio komplekso sūrymuose vidutiniškai siekia 493–678 mg/l ir yra priartėjusi prie kondicinės ribos. Nors tai rodo tam tikrą bromo gavybos potencialą, jo pramoninė gavyba iš šio komplekso sūrymų dėl gilaus slūgsojimo, sudėtingo plyšiuotų zonų išsidėstymo, menko apvandeninimo ir efektyvaus storio kol kas nėra perspektyvi.

Vidutinė jodo koncentracija šiame komplekse išlieka maža – apie 1,6–2,1 mg/l. Taip pat nustatyta 6,1–6,7 mg/l ličio, 346–478 mg/l stroncio ir 623–895 mg/l kalio koncentracija. Nors šie duomenys rodo, kad proteozojaus kompleksas yra geochemiškai įdomus, šiuo metu apsiribojame jo moksliniais tyrimais ir potencialių išteklių vertinimu.



49 pav. Sūrymų paplitimas proterozojaus kristalinių uolienų vandeningajame komplekse (Kadūnas ir kt., 2018).

Mineralinio vandens ir sūrymų gavyba bei naudojimas

Priklausomai nuo mineralinių medžiagų kiekio Lietuvoje mineralinis vanduo gali būti naudojamas kaip natūralus gėrimas, taip pat balneologiniams (gydomiesiems) tikslams sveikatinimo procedūroms gydyklose ir kurortuose. Tokiu vandeniu papildomos gydymosios vonios, baseinai, jis naudojamas inhaliacijoms ir kitoms terapijoms.

Remiantis naujausiais duomenimis, Lietuvoje yra įregistruotos 44 mineralinio vandens vandenvietės, tačiau dalis jų – apie 25 % (11 vandenviečių) – šiuo metu nėra eksploatuojamos. Bendras aprobuotų mineralinio vandens išteklių kiekis siekia 8,65 tūkst. m³/parą (7 lentelė), tačiau išgaunama vidutiniškai maždaug apie 0,7 tūkst. m³/parą. Regioniniai mineralinio vandens išteklių vertinimai dar nėra atlikti.

Kaip matyti iš 8 lentelėje pateiktų duomenų, apibūdinant natūralaus mineralinio vandens savybes, visų pirma atsižvelgiama į jo bendrąją mineralizaciją, kuri yra svarbi bet kokios rūšies mineraliniam vandeniui. Natūralų mineralinį vandenį galima lengvai atskirti nuo paprasto geriamojo vandens pagal jo savitumą. Lietuvos rinkai tiekiamas natūralus mineralinis vanduo turi būti pripažintas Lietuvos ar kitos ES valstybės

atsakingų institucijų. Pripažinimo sąlygas ir tvarką nustato „Natūralaus mineralinio vandens pripažinimo Lietuvos Respublikoje tvarkos aprašas“.

7 lentelė. Aprobuoti mineralinio vandens ir sūrymų išteklių

Vandeningasis sluoksnis / kompleksas	Ištekliai (m ₃ /para)
Kvartero (Q)	1 180
Viršutinės kreidos (K ₂)	461
Cenomanio–apatinės kreidos (K _{2cm} -K ₁)	3 456
Šventosios-Upninkų (D ₃ šv+D ₂ up)	1 677
Vidurinio–apatinio devono (D ₂ -1)	721
Apatinio triaso (T ₁)	547
Silūro–ordoviko (S-o)	10
Apatinio ordoviko–kambro (o1-Cm) ir kambro–vendo (Cm ₁ -V)	597
Iš viso	8 649

8 lentelė. Natūralaus mineralinio vandens požymiai ir kriterijai

Natūralaus mineralinio vandens požymiai	Natūralaus mineralinio vandens požymį pagrindžiantis kriterijus
Turi mažai mineralinių medžiagų	Mineralinių druskų koncentracija, apskaičiuota kaip sausoji liekana, ne didesnė kaip 500 mg/l
Turi labai mažai mineralinių medžiagų	Mineralinių druskų koncentracija, apskaičiuota kaip sausoji liekana, ne didesnė kaip 50 mg/l
Turi daug mineralinių druskų	Mineralinių druskų koncentracija, apskaičiuota kaip sausoji liekana, didesnė kaip 1 500 mg/l
Turi bikarbonatų	Bikarbonatų koncentracija didesnė kaip 600 mg/l
Turi sulfatų	Sulfatų koncentracija didesnė kaip 200 mg/l
Turi chlorido	Chlorido koncentracija didesnė kaip 200 mg/l
Turi kalcio	Kalcio koncentracija didesnė kaip 150 mg/l
Turi magnio	Magnio koncentracija didesnė kaip 50 mg/l
Turi fluorido	Fluorido koncentracija didesnė 1 mg/l
Turi geležies	Divalentės geležies koncentracija didesnė kaip 1 mg/l
Rūgštintis	Laisvojo anglies dvideginio koncentracija didesnė kaip 250 mg/l
Turi natrio	Natrio koncentracija didesnė kaip 200 mg/l
Tinka kūdikių maisto gamybai	Nėra patogeninių mikroorganizmų Anglies dvideginio koncentracija mažesnė kaip 250 mg/l Natrio koncentracija ne didesnė kaip 20 mg/l Nitratų koncentracija ne didesnė kaip 10 mg/l Nitritų koncentracija ne didesnė kaip 0,02 mg/l Sulfato koncentracija ne didesnė kaip 140 mg/l Kalcio koncentracija ne didesnė kaip 100 mg/l Magnio koncentracija ne didesnė kaip 50 mg/l Fluorido koncentracija ne didesnė kaip 0,5 mg/l Mangano koncentracija ne didesnė kaip 0,05 mg/l Arseno koncentracija ne didesnė kaip 0,005 mg/l Radžio 226 aktyvumo koncentracija ne didesnė kaip 125 mBq/l Radžio 228 aktyvumo koncentracija ne didesnė kaip 20 mBq/l Pastaba. Jei randama abiejų radionuklidų (radžio 226 ir radžio 228), tai jų aktyvumo koncentracija neturi viršyti 100 %
Tinka mažesnio natrio kiekio dietai	Natrio koncentracija mažesnė kaip 20 mg/l
Gali laisvinti vidurius	–
Gali veikti diuretiškai	–

Daugiausiai mineralinio požeminio vandens vandenviečių koncentruojasi kurortiniuose Lietuvos miestuose: Druskininkuose, Birštone ir Palangoje. Druskininkai – didžiausias Lietuvos kurortas, veikiantis nuo 1837 m., yra žinomas dėl ilgalaikių balneologinių tradicijų ir vertingų gamtinių išteklių. Kurorto teritorijoje ir jo apylinkėse įregistruota 14 mineralinio vandens vandenviečių, kurių bendras aprobuotas išteklių kiekis siekia apie 3,83 tūkst. m³ per parą.

Mineralinio vandens telkinys yra susiformavęs Nemuno slėnio sudėtingoje geologinėje struktūroje, kelių tektoninių lūžių zonoje. Druskininkų skliauto pavidalo telkinys yra pailgos formos, iš visų pusių jį supa gėlas vanduo. Ši hidrogeologinė sistema yra itin jautri, todėl neatsakinga gręžinių eksploatacija gali sutrikdyti natūralų mineralinio vandens formavimosi procesą ar net pažeisti visą mineralinio vandens telkinį.

Mineralinis vanduo ir sūrymai Druskininkuose išgaunami iš kelių skirtingų vandeningųjų sluoksnių: kvartero, viršutinės kreidos, cenomanio–apatinės kreidos ir apatinio triaso, todėl jų mineralizacija skiriasi (9 lentelė). Dauguma išgaunamo vandens naudojama gydyklų procedūroms bei SPA centrams, tačiau dalis išpilstoma į butelius kaip

9 lentelė. Lietuvos kurortų mineralinio vandens mineralizacija

Kurortas ir gręžinys	Mineralizacija (g/l)	Vyraujantys makrojonai (mg/l)					
		Kationai			Anijonai		
		Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
<i>Druskininkai</i>							
„Aušra“, Nr. 84	2,67	722	164	61,3	1 430	269	4,4
Druskininkai 2, Nr. 386	7,06	1 530	733	210	4 150	263	115
„Sveikata“, Nr. 24627	8,60	1 950	820	281	5 050	285	156
„Sūrutis“, Nr. 14517	52,51	14 630	3 350	1 270	30 770	34,2	2 210
„Raminora“, Nr. 117	48,39	10 733	3 033	1 156	29 786	28	2 347
„Lietuva“, Nr. 2984	10,69	1 985	1 426	361	6 355	236	280
„Eglė 1a“, Nr. 2420	42,03	9 548	3 981	1 546	25 000	47,5	1 833
„Eglė 2a“, Nr. 1982	27,29	6 850	2 270	790	15 900	119	1 320
<i>Birštonas</i>							
„Vytautas“, Nr. 2453	7,39	1 777,9	549,1	240,8	3 493,1	300,2	1 004,6
„Versmė“, Nr. 187	21,23	3 620	2 150	1 380	11 950	33,3	2 000
„Vaidilutė“, Nr. 1196	27,38	5 426,6	2 164,9	1 580,8	15 766,1	43,9	2 053,7
<i>Palanga</i>							
„Naglis 1“, Nr. 4že	20,77	5 630,4	1 453,8	481,6	11 136,7	117,2	1 958
„Naglis 2“, Nr. 576	30,91	8 323,5	2 164,3	790,4	17 149,3	68,3	2 346,6
„Žilvinas“, Nr. 1a	34,68	9 128	2 565,1	948,5	19 635,3	31,73	2 265,2
<i>Kitos vietovės</i>							
Abromiškės, Nr. 1710	6,55	2 000			3 600		800
Anykščiai, Nr. 5101	20,60	5 960,7	1 050,1	418,3	9 699,8	65,9	3 403,1
Likėnai, Nr. 910	7,02	1 532	691,3	164,5	2 449,2	56,1	2 140,9

natūralus geriamasis mineralinis vanduo (Klimas ir kt., 2006). Šiuo metu Druskininkuose komerciškai išgaunamas mineralinis vanduo yra įvardijamas dviem prekių ženklais – „Hermis“ ir „Rasa Etno“. „Hermis“ yra vidutinės mineralizacijos (1,35 g/l) kalcio ir natrio chloridinio tipo vanduo, išgaunamas iš viršutinės kreidos vandeningojo sluoksnio. Jis pasižymi subalansuota sudėtimi ir tinka kasdieniam vartojimui. „Rasa Etno“ – didesnės mineralizacijos vanduo (3,758 g/l), taip pat kalcio ir natrio chloridinio tipo, išgaunamas iš cenomanio–apatinės kreidos sluoksnio. Dėl didesnio mineralinių medžiagų kiekio jis pasižymi intensyvesniu skoniu ir dažnai vartojamas ne tik troškuliui malšinti, bet ir kaip funkcionalus gėrimas.

Birštonas – vienas seniausių ir žinomiausių Lietuvos kurortų, veikiantis nuo XIX a. vidurio, garsėjantis natūralių gydomųjų išteklių – mineralinio vandens ir gydomojo purvo – gausa. Kurortas įsikūręs Nemuno kilpų regioniniame parke. Birštono mineralinio vandens telkinys yra injekcinio tipo. Čia įregistruotos 6 mineralinio vandens vandenvietės, iš kurių išgaunamas įvairios mineralizacijos gydomasis ir mineralinis vanduo (9 lentelė). Bendras aprobuotų išteklių kiekis siekia apie 1,32 tūkst. m³ per parą. Kaip ir Druskininkuose, mineralinis vanduo čia išgaunamas iš skirtingų vandeningųjų sluoksnių ir kompleksų: kvartero, viršutinės kreidos, cenomanio–apatinės kreidos ir apatinio triaso (žr. Šonta, 1999).

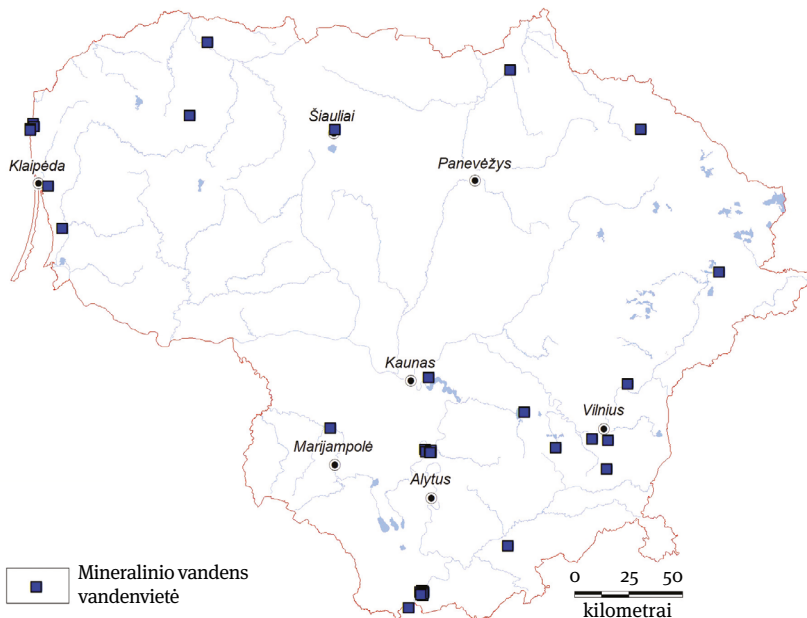
Gydyklų ir rehabilitacijos centrų procedūroms, taip pat SPA paslaugoms daugiausiai naudojamas iš apatinio triaso vandeningojo sluoksnio išgautas natrio chloridinis mineralinis vanduo. Čia cenomanio–apatinės kreidos ir viršutinės kreidos vandeninguosiuose sluoksniuose formuojasi vidutinės mineralizacijos (7–10 g/l) natrio chloridinis mineralinis vanduo. Kvartero vandeningasis kompleksas Birštono telkinyje yra pagrindinis vidutinės mineralizacijos (7–9 g/l) natrio ir kalcio chloridinio (Na-Ca-Cl) mineralinio vandens šaltinis.

Birštono mineralinis vanduo pasižymi ne tik gilią tradicijas menančia istorija, bet ir išskirtine chemine sudėtimi. Čia iš grėžinių išgaunamas ir į butelius pilstomas dviejų pavadinimų mineralinis vanduo – „Vytautas“ ir „Birutė“. Abu jie yra natūralūs mineraliniai vandenys, turintys gydomųjų ir sveikatinamųjų savybių. „Vytautas“ – tai vidutinės mineralizacijos (7,3 g/l) vanduo, priskiriamas natrio ir kalcio sulfatų chloridiniam tipui. Jo sudėtyje gausu natrio (apie 1 700 mg/l), kalcio (apie 500 mg/l), magnio (apie 250 mg/l), chloridų (apie 3 500 mg/l) ir sulfatų (apie 1 000 mg/l). Dėl tokios sudėties jis rekomenduojamas virškinimo sistemai gerinti, mineralų balansui atkurti po fizinio krūvio ar intensyvaus prakitavimo. „Birutės“ vandens mineralizacija siekia 2,6 g/l. Sudėtyje yra tie patys pagrindiniai elementai, tik mažesnėmis koncentracijomis: natrio – apie 650 mg/l, kalcio – 190 mg/l, magnio – 80 mg/l, chloridai – 1 200 mg/l,

sulfatai – 375 mg/l. Dėl švelnesnio skonio ir mažesnės mineralizacijos „Birutė“ labiau tinka kasdieniam vartojimui.

Dar vienas svarbus kurortas, kuriame išnaudojamos mineralinio vandens gydomosios savybės, yra Likėnai Šiaurės Lietuvoje (50 pav.). Likėnų kurortas pasižymi senomis balneologinio gydymo tradicijomis. Gydomosios gamtinės priemonės čia pradėtos taikyti dar XIX a. pabaigoje, o 1938 m. oficialiai įsteigta sanatorija. Pagrindinė kurorto vertybė – natūralus mineralinis vanduo, išgaunamas iš giluminių gręžinių. Patvirtinti mineralinio vandens išteklių Likėnuose – 316 m³/parą. Mineralinis vanduo išgaunamas iš 355–385 m gylyje slūgsančio vidurinio–apatinio devono (D₂₋₄) vandeningojo komplekso. Čia natrio chloridinis sulfatinis vanduo yra vidutinio sūrumo (7–8 g/l) (9 lentelė) ir naudojamas gydomosioms procedūroms – žarnyno ir skrandžio plovimui, inhaliacijoms, taip pat gydant virškinamojo trakto ir medžiagų apykaitos sutrikimus. Anksčiau šis vanduo buvo pilstomas ir pardavinėjamas „Likėnų“ mineralinio vandens pavadinimu. Mineralinis vanduo, tiksliau – natrio chlorido sūrymas (mineralizacija apie 110 g/l), čia taip pat išgaunamas iš apatinio kambro vandeningojo sluoksnio ir vartojamas balneologijoje.

Jauniausias balneologinis kurortas Lietuvoje yra Palanga. Čia įregistruotos keturios mineralinio vandens vandenvietės (50 pav.). Aprobuoti mineralinio vandens išteklių siekia beveik 1,5 tūkst. m³/parą.



50 pav. Mineralinio vandens vandenvietės (www.lgt.lt).

Mineralinis vanduo Palangoje išgaunamas iš Šventosios-Upninkų (D_{3-2} šv-up) vandeningojo komplekso ir vidurinio–apatinio devono (D_{2-1}) vandeningojo komplekso. Palangos mineralinio vandens telkinyje Šventosios-Upninkų vandeningojo komplekso viršutinėje dalyje aptinkamas kalcio ir natrio chloridinis vidutinės ir didelės mineralizacijos sūrus (13,7–14,2 g/l) mineralinis vanduo. Apatinėje komplekso dalyje čia yra natrio chloridinis didelės mineralizacijos (33,0–34,0 g/l) mineralinis vanduo. Iš vidurinio–apatinio devono (D_{2-1}) vandeningojo komplekso Palangos mineralinio vandens telkinyje išgaunamas natrio chlorido sūrymas, kurio bendroji mineralizacija kinta nuo 61,5 g/l viršutinėje produktyvaus komplekso dalyje iki 79,6 g/l apatinėje. Visas Palangoje išgaunamas mineralinis vanduo ir sūrymai yra naudojami gydyklų procedūroms, SPA paslaugoms.

Telšiuose iš 689 m gylyje įrengto gręžinio Šventosios-Upninkų (D_{3-2} šv-up) vandeninajame komplekse išgaunamas ir pilstomas „Tichės“ mineralinis vanduo. Tai kalcio ir magnio sulfatinės sudėties mineralinis vanduo, bendroji mineralizacija siekia 1,378 mg/l. Aprobuoti jo išteklių sudaro 180 m³/parą.

Požeminis mineralinis vanduo ir sūrymai gydymo ir reabilitacijos procedūroms, taip pat SPA paslaugoms naudojami arba numatomi naudoti dar keliose Lietuvos vietovėse: Anykščiuose, Abromiškėse (Elektrėnų sav.), Kaune, Ignalinoje (50 pav.).

Anykščiuose yra mineralinio vandens „Šilelis“ šaltinis vidurinio–apatinio devono (D_{2-1}) vandeninajame komplekse. Čia iš 312 m gylio išgaunamas natrio chloridinės sulfatinės sudėties aukštos mineralizacijos (apie 21,4–22,7 g/l) vanduo (9 lentelė). Aprobuoti mineralinio vandens išteklių – 50 m³/parą. Mineralinis vanduo „Šilelis“ naudojamas įvairioms sveikatinimo procedūroms ir gėrimui SPA Vilnius centre.

Abromiškių reabilitacijos ligoninė Elektrėnų savivaldybėje yra viena iš svarbiausių gydymo įstaigų Lietuvoje, teikianti kompleksines reabilitacijos paslaugas suaugusiems ir vaikams. Joje gydymo tikslams naudojamas mineralinis vanduo ir sūrymai iš silūro ir kambro vandeninių sluoksnių. Kaune įsikūrusi reabilitacijos klinika „Medicus“ gydymo praktikoje naudoja mineralinį vandenį, išgaunamą iš kambro vandeningojo sluoksnio 836 m gylio. Šis vanduo – tai tipinis natrio chlorido sūrymas (mineralizacija apie 130 g/l), taikomas įvairiose balneoterapijos procedūrose, tokiose kaip mineralinio vandens vonios, vertikaliosios vonios, povandeninis masažas ir baseino terapija. Silūro–ordoviko vandeningojo komplekso mineralinio vandens išteklių (100 m³/parą) yra aprobuoti Ignalinos savivaldybėje prie Dringio ežero. Juos svarstoma naudoti relaksacijos reikmėms.

Mineralinio vandens ir sūrymų išteklių Lietuvoje atskleidžia ne tik unikalią šalies geologinę sandarą, bet ir didelį gamtinį bei

ekonominį potencialą. Iš skirtingų geologinių kompleksų ar sluoksnių išgaunamas vanduo pasižymi didele cheminės sudėties įvairove – nuo švelnios mineralizacijos kalcio ir hidrokarbonatų prisotinto vandens iki itin sūrių natrio chloridinio tipo sūrymų, kuriuose aptinkami tokie vertingi mikroelementai kaip bromas ar jodas. Dalis šio vandens jau naudojama praktikoje – gydymui, sveikatinimui ar kaip stalo vanduo, kita vis dar vertinama dėl mokslinių tikslų arba laukia technologinių panaudojimo sprendimų. Šie vandens telkiniai – tai ne tik svarbūs ištekliai, bet ir natūralus mūsų šalies paveldas, kurį reikia atsakingai tirti, apsaugoti ir sumaniai panaudoti.

Sekloji geoterminė energija: vertikalus temperatūrų pasiskirstymas ir energijos potencialas

Pastaraisiais dešimtmečiais vis daugiau dėmesio skiriama atsinaujinančių energijos šaltinių plėtrai siekiant mažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro, švelninti klimato kaitos poveikį bei didinti energetinį savarankiškumą. Tarp įvairių atsinaujinančios energijos rūšių ypač išsiskiria geoterminė energija. Klasifikuojant pagal gylį, kuriame aptinkama geoterminė energija, išskiriama gilioji ir sekloji. Riba tarp sekliosios ir giliosios geotermijos sričių nėra griežtai apibrėžta – įvairūs autoriai nurodo skirtingas ribas. Lietuvos sąlygomis ši riba išryškėja pagal eksploatuojamus sluoksnius. Giliosios geotermijos sritis prasideda nuo aukštesnės temperatūros devono vandeningųjų sluoksnių, slūgsančių kelių šimtų metrų gylyje, ir driekiasi gilyn.

Sekloji (žemos temperatūros) geotermija – tai žemės paviršiaus sluoksniuose sukauptos šilumos energijos naudojimas, kai šiluma išgaunama iš santykinai nedidelio gylio – maždaug iki 250 metrų. Skirtingai nuo giluminės geoterminės energijos, kuri siejama su karštomis uolienomis ar giliai esančiais geoterminiais vandenimis, sekloji geotermija naudoja saulės spinduliuotės, atmosferos sąlygų bei nuolatinio žemės gelmių šilumos srauto sukauptą šilumą (žr. Pūtys, 2020).

Sekliosios geotermijos išteklių prieinami visur, jų gavyba santykinai paprasta, o įrenginių eksploatacijai reikia gerokai mažiau pastangų, palyginti su kieto kuro deginimu. Sekliosios geotermijos išteklių gavybos sistemą sudaro dvi dalys: geoterminis gręžinys ar kolektorius ir šilumos siurblys. Žmonijai pasiekus dabartinį technologijų išsivystymo lygį, šilumos siurbLIAI, įrenginiai, aeroterminę, geoterminę ar hidroterminę energiją paverčiantys aukštesnės temperatūros šiluma, kuri naudojama pastatams šildyti, vėsinti arba karštam vandeniui ruošti, yra plačiai naudojami pramoniniuose ir viešuosiuose objektuose, individualių namų ūkiuose. Žemės gelmėse įrengtame geoterminiame gręžinyje uždarame

cirkuliacijos cikle cirkuliuoja šilumos nešiklis, kurio temperatūra yra žemesnė už gelmių. Taip sukuriamas temperatūrinio lauko gradientas ir šiluma natūraliai pradeda judėti iš aukštesnės temperatūros gelmių link „šalto“ gręžinio. Jame dėl cirkuliuojančio skysčio šiluma transportuojama į šilumos siurblių, kur sukauptas santykinai didelis kiekis žemesnės temperatūros šiluminės energijos yra transformuojamas į mažesnę kiekį aukštesnės temperatūros šiluminės energijos, kuri ir naudojama pastatams šildyti, vėsinti ar karštam vandeniui ruošti (žr. Palaitis, 2019).

Seklioji geotermija išsiskiria tuo, kad žemės paviršiaus ar negiliai esančio grunto temperatūra visus metus išlieka gana pastovi, ypač didesniuose gyliuose (giliau nei 10–15 metrų), kur nebėra sezoninių atmosferos temperatūros svyravimų poveikio. Tai leidžia efektyviai panaudoti šį natūralų šilumos šaltinį.

Seklioji geotermija dažniausiai naudojama:

- 1) individualių ir daugiabučių gyvenamųjų namų šildymui ir vėsinimui; tai viena populiariausių sričių, nes geoterminės sistemos sumažina eksploatacijos išlaidas ir užtikrina komfortišką mikroklimatą;
- 2) viešųjų pastatų (mokyklų, ligoninių, biurų) energijos tiekimui – ypač aktualu energiją taupantiems ar pasyviems pastatams, siekiant maksimaliai išnaudoti vietinius atsinaujinančius šaltinius;
- 3) pramonės objektuose – tam tikrais atvejais sekliosios geotermijos sistemos naudojamos šilumos tiekimui arba gamybinių patalpų mikroklimato reguliavimui;
- 4) žemės ūkio paskirties objektuose – šiltnamių, sandėlių, gyvulių fermų šildymui.

Lietuvoje, esant palankioms sekliosios geotermijos gamtinėms sąlygoms, šios technologijos plėtra įgauna vis didesnę pagreitį. Ji suteikia galimybę naudoti vietinį neišsenkantį energijos šaltinį, kuris yra stabilus, patikimas ir beveik nepriklauso nuo pasaulinių energijos išteklių kainų svyravimų. Be to, tinkamai suprojektuotos sistemos leidžia mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir prisideda prie klimato kaitos švelninimo.

Šiame skyriuje aptariami svarbiausi sekliąją geotermiją Lietuvoje lemiantys veiksniai – nuo geologinių ir temperatūrinių sąlygų iki įrengtų sistemų analizės ir jų taikymo masto.

Vertikalaus temperatūrų pasiskirstymo reikšmė geoterminės energijos naudojimui

Vertikalus temperatūrų pasiskirstymas grunte yra vienas pagrindinių veiksnių, lemiančių sekliosios geoterminės energijos sistemų veiksmingumą bei ekonominį pagrįstumą. Šilumos siurblių technologijos, kurios

naudojamos geoterminėi energijai išgauti, tiesiogiai priklauso nuo grunto esančios temperatūros: kuo aukštesnė ir stabilesnė grunto temperatūra, tuo efektyviau veikia sistema, sunaudodama mažiau elektros energijos ir užtikrinama didesnę šilumos naudingumo koeficientą (COP).

Lietuvoje viršutiniai žemės sluoksniai (iki 10–15 m) yra stipriai veikiami sezoniškumo – jų temperatūra keičiasi priklausomai nuo metų laiko, oro temperatūros, sniego dangos storio, drėgmės bei kitų veiksnių. Žiemą šie sluoksniai atvėsta, vasarą išyla. Tačiau didėjant gyliui sezoninių svyravimų įtaka mažėja, o temperatūra tampa vis pastovesnė. Apytiksliai jau 15–20 m gylio grunto temperatūra per visus metus beveik nesikeičia ir atitinka vidutinę metinę oro temperatūrą arba yra šiek tiek aukštesnė dėl giluminės geoterminės šilumos srauto (žr. Giedraitienė, Pūtys, 2011). Ši nuolatinė temperatūra sudaro palankias sąlygas ilgalaikiam ir stabiliam energijos išgavimui.

Vertikalios temperatūrų pasiskirstymo pažinimas yra labai svarbus, nes leidžia:

- 1) numatyti optimalų gręžinio gylį, kad būtų pasiektas stabilios temperatūros sluoksnis, užtikrinantis sistemos efektyvumą visus metus;
- 2) įvertinti geoterminės energijos potencialą konkrečioje vietovėje, nes įvairiuose Lietuvos regionuose grunto temperatūra net tame pačiame gylyje gali skirtis dėl geologinės sandaros, drėgmės ar požeminio vandens cirkuliacijos;
- 3) projektuoti tinkamus techninius sprendimus pritaikant geoterminių gręžinių gylį, šilumokaičių tipą bei šilumos siurblio galią esamomis temperatūrinėmis sąlygomis;
- 4) užtikrinti geoterminės sistemos ilgaamžiškumą, nes pastovi temperatūra mažina įrangos darbo režimų svyravimą ir dėvėjimąsi.

Vertikalios temperatūrų pasiskirstymas svarbus ir tais atvejais, kai planuojama įrengti didesnės galios sistemas (pavyzdžiui, aptarnaujant pramoninius objektus ar viešųjų pastatų kompleksus), kur geoterminės energijos poreikis – didelis ir svarbu tiksliai įvertinti tiek šilumos išgavimą, tiek galimą poveikį grunto šiluminei pusiausvyrai.

Lietuvos klimatinės sąlygos ir jų įtaka grunto temperatūrai

Lietuva priklauso vidutinio klimato juostai ir yra išsidėsčiusi zonoje, kurioje pereinama iš jūrinio į žemyninį klimatą. Šalies klimatui būdingas gana ryškius sezoninius temperatūrų skirtumus lemia geografinė padėtis, oro masių judėjimas ir reljefas. Šios klimato savybės tiesiogiai veikia grunto temperatūrų pasiskirstymą, ypač sekliausiuose sluoksniuose.

Lietuvos klimatinės sąlygos yra palankios seklijai geoterminei energijai: vidutiniškai šiltos vasaros leidžia sukaupti grunto šilumą, o pastovi grunto temperatūra, dažniausiai pasiekiami nuo 15–20 m gylio, o kai kuriose vietovėse – nuo 30 m ir giliau (priklausomai nuo geologinių bei hidrogeologinių sąlygų), užtikrina stabilų ir patikimą šilumos šaltinį visus metus (žr. Pūtys, 2020).

Grunto temperatūra yra glaudžiai susijusi su paviršiaus oro temperatūra, saulės spinduliuote, krituliais, sniego danga ir netgi augalija, o jų poveikis keičiasi priklausomai nuo gylio:

1) 0–2 m gylyje grunto temperatūra patiria didžiausius sezoninius svyravimus. Remiantis stebėjimais Rykantų aikštelėje, metinė temperatūros amplitudė žemės paviršiuje gali siekti net 51 °C, o 1–2 m gylyje – apie 40–42 °C (žr. Giedraitienė, Pūtys, 2012). Žiemą temperatūra gali nukristi iki –2–5 °C (esant mažai sniego dangai), o vasarą pakilti iki +15–20 °C ir daugiau. Ši zona yra tiesiogiai veikiama atmosferos sąlygų.

2) 5–10 m gylyje sezoniniai svyravimai labai sumažėja: temperatūros metinė amplitudė paprastai neviršija 2–3 °C, tačiau priklauso nuo infiltracijos, reljefo aukščio bei grunto sudėties.

3) 15–20 m gylyje temperatūra tampa beveik pastovi. Tai vadinamoji „neutralios temperatūros“ zona. Jos vertė yra artima vidutinei daugiametei dirvožemio temperatūrai 1,6–3,2 m gylyje.

4) Gilesniuose nei 20 m sluoksniuose sezoninis poveikis beveik išnyksta, grunto temperatūra kyla dėl žemės gelmių šilumos srauto, kuris Lietuvoje yra apie 40–60 mW/m². Temperatūra kyla maždaug po 1–1,2 °C kas 100 m, o kai kuriose vietovėse – iki 1,5 °C.

Sniego sluoksnis žiemą veikia kaip šilumos izoliatorius. Stora sniego danga (20–30 cm ar daugiau) apsaugo gruntą nuo stipraus iššalimo, nes sulaiko šilumą apatiniuose sluoksniuose. Besniegės žiemos, ypač su staigiu šalčiu, lemia gilesnį iššalimo lygį – tai gali trumpam sumažinti sekliojo šilumos siurblio efektyvumą, ypač jei naudojami horizontalūs šilumos kolektoriai.

Dirvožemio drėgnumas ir tankis taip pat lemia, kaip greitai gruntas iššyla ar atvėsta. Drėgnas smėlingas gruntas geriau perduoda šilumą nei sausas, o molis ir priemolis geriau sulaiko šilumą, todėl lėčiau reaguoja į temperatūros pokyčius. Didelę įtaką turi dirvožemio augalinė danga. Veja, želdiniai, medžiai ir kiti augalai sušvelnina oro temperatūros svyravimą grunte, nes:

- 1) mažina tiesioginį saulės spindulių patekimą į gruntą vasarą;
- 2) saugo nuo šilumos išspinduliavimo žiemą;
- 3) reguliuoja grunto drėgmės balansą per vandens garavimą ir kaupimą.

Gruntinio vandens temperatūros režimas

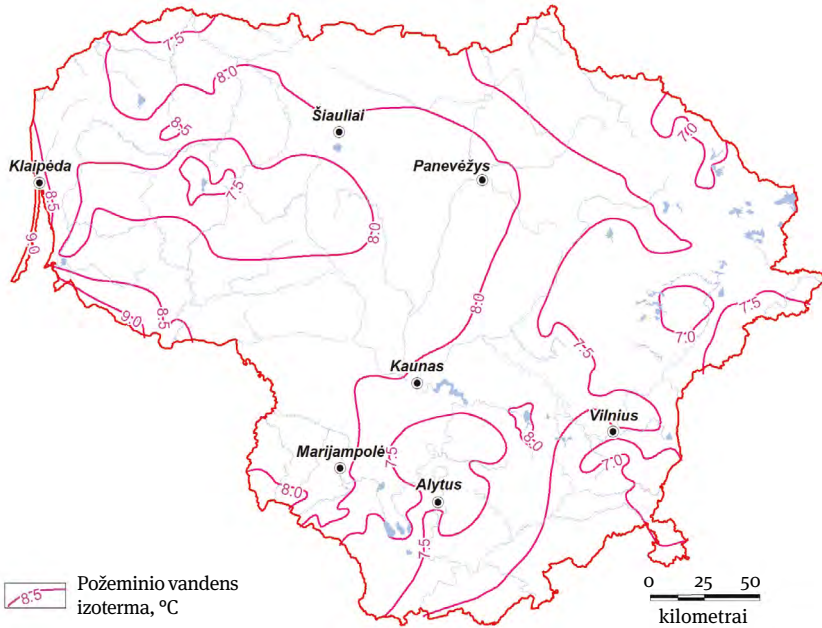
Pirmas vandeningasis sluoksnis, kurio šiluma gali būti naudojama namų ar pastatų šildymui, yra gruntinis vanduo. Jo temperatūra priklauso nuo šilumos, kuri į gruntą patenka iš saulės ir atmosferos ir sklinda gilyn pro žemės sluoksnius. Šilumos kiekis ir jos judėjimas priklauso nuo to, koks yra gruntas – drėgnas ar purus, kokia jo sudėtis. Be to, temperatūros pasiskirstymą lemia ir vietinės hidrogeologinės sąlygos: gruntinio vandens slūgsojimo gylis, aeracijos zonos storis, uolienų litologija bei paviršiaus dangos pobūdis, pavyzdžiui, ar tai miškas, ar atvira aikštelė. Nuo šių veiksnių priklausys, kiek susikaups šilumos požemyje ir kiek jos galima panaudoti geoterminiai energijai.

Šiame poskyryje remiamasi J. Giedraitienės ir P. Pūčio (2011) parengta išsamia požeminio vandens terminio režimo analize. Gruntinio vandens temperatūra Lietuvoje gali labai skirtis priklausomai nuo regiono, gylio ir vietos sąlygų. Užfiksuota vidutinė temperatūra svyruoja nuo 6,5 °C iki 9,5 °C, tačiau kai kuriose vietovėse vanduo būna kur kas vėsesnis – vos 2,86 °C. Nustatyta aukščiausia temperatūra siekė net 15,39 °C.

Gruntinio vandens temperatūros pasiskirstymas Lietuvos teritorijoje pasižymi aiškia geografine tendencija: ji palaipsniui didėja vakarų ir pietvakarių kryptimi. Aukščiausios vidutinės daugiametės temperatūros reikšmės fiksuotos Nidoje ir Pagėgiuose, kur vyrauja žemumos, upių slėniai ir intensyvesnė saulės spinduliuotė. Žemiausios temperatūros matomos Šiaurės rytu Lietuvoje, kur gruntinis vanduo dažnai slūgso giliau nei 8 m, o šilumos pasisavinimą riboja storesnė aeracijos zona ir mažesnė insoliacija. Išimtį sudaro Žemaičių aukštuma – čia gruntinio vandens temperatūra taip pat būna žemesnė dėl didesnio reljefo aukščio ir trumpesnės šilumos kaupimosi trukmės. Šie regioniniai skirtumai atskleidžia glaudžią sąsają tarp gruntinio vandens ir oro vidutinės daugiametės temperatūros: gruntinio vandens temperatūra paprastai yra šiek tiek aukštesnė už oro temperatūrą ir gerai atspindi ilgalaikį klimato režimą bei vietos geografinės ypatybes (51 pav.).

Kaip jau minėta, lokalūs gruntinio vandens temperatūros skirtumai glaudžiai susiję su absoliučiu gruntinio vandens slūgsojimo aukščiu. Šiltesnis gruntinis vanduo paprastai aptinkamas žemesnėse vietovėse, ypač upių slėniuose, o vėsesnis – aukštesnėse reljefo vietose, tokiose kaip Žemaičių aukštuma. Pastebėta, kad miškingose vietovėse, pvz., Birštono apylinkėse, vanduo taip pat gali būti šaltesnis. Taip tikriausiai yra dėl to, kad medžių pavėsis neleidžia žemei greitai įšilti, o pavasarį sniegas ten tirpsta lėčiau, todėl gruntas ilgiau išlieka šaltas.

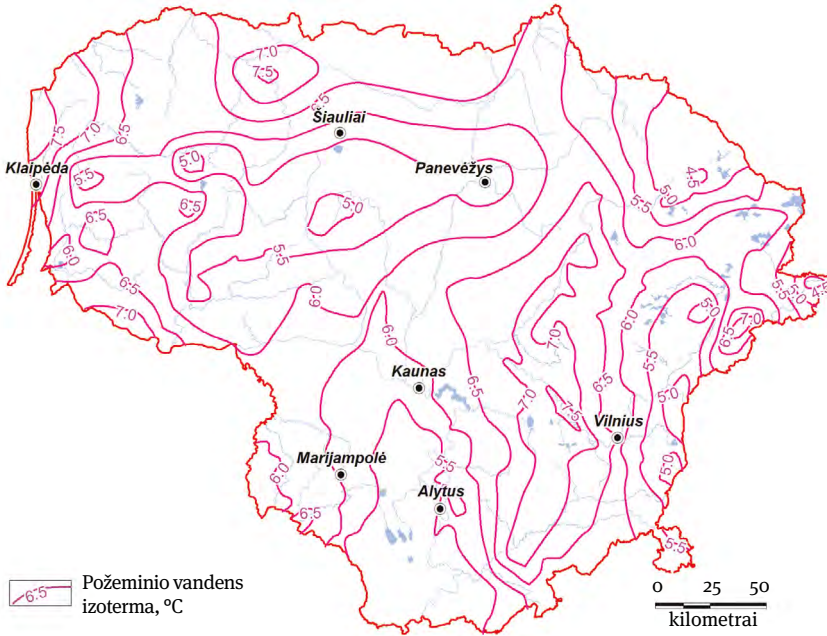
Gruntinio vandens temperatūra gilėjant keičiasi labai nežymiai – apie 0,1–0,2 °C. Nors atrodytų, kad kuo giliau – tuo šalčiau ar šilčiau, tačiau iš



51 pav. Gruntinio vandens paviršiaus vidutinė daugiameitė temperatūra (Kadūnas ir kt., 2018).

tikrųjų skirtumai tarp, tarkime, 5 ir 10 metrų gylio dažniausiai siekia vos keliolika laipsnio dalių. Didesni svyravimai fiksuojami ten, kur gruntinis vanduo yra negiliai – apie 3–6 m nuo žemės paviršiaus. Tokiose vietose jis greičiau reaguoja į metų laikų kaitą: vasarą išyla labiau, o pavasarį ar rudenį greičiau ataušta. Giliau slūgsantis gruntinis vanduo išlaiko pastovesnę temperatūrą visus metus. Tyrimai rodo, kad kuo giliau yra gruntinio vandens sluoksnis, tuo mažesni temperatūros pokyčiai ir tuo vėliau pasireiškia sezoninė įtaka. Pavyzdžiui, giliausiuose sluoksniuose aukščiausia temperatūra gali būti tik sausio ar net vasario mėnesį, o šalčiausia – ne kovo, kaip paviršiuje, bet tik gegužės mėnesį ar vėliau. Šis dėsningumas rodo, kad didėjant gruntinio vandens slūgsojimo gyliui, terminis režimas tampa vis stabilesnis ir mažiau jautrus sezoniniams paviršiaus pokyčiams, o tai labai naudinga naudojant geoterminę energiją.

Kai kalbame apie galimybę naudoti gruntinį vandenį šildymui, svarbiausia yra ne vidutinė metinė temperatūra, o tai, kiek vanduo būna sušilęs pačioje šildymo sezono pabaigoje – dažniausiai balandžio mėnesį. Būtent tada jis yra vėšiausias, todėl ir lemia, kaip efektyviai veiks šilumos siurblys. Lietuvoje galima išskirti dvi zonas: šiltesnes ir vėsesnes (52 pav.). Į šiltesnes patenka vakarinė šalies dalis (Klaipėda, Kretinga, Skuodas, Nemuno žemupy) bei dalis šiaurinių ir rytinių rajonų (Trakai, Širvintos,



52 pav. Gruntinio vandens paviršiaus minimali daugiametė temperatūra (Kadūnas ir kt., 2018).

Ukmergė). Vėsesnėse vietovėse, pavyzdžiui, Žemaičių aukštumoje ar Rytų Lietuvoje (Zarasai, Rokiškis, Ignalina), gruntinis vanduo balandžio mėnesį gali būti daug šaltesnis. Įdomu tai, kad šiltesnės zonos dažnai sutampa su didesniu vandens slūgsojimo gyliu. Kitaip tariant, kuo giliau yra gruntinis vanduo, tuo labiau jis yra apsaugotas nuo žiemos šalčių poveikio. Todėl planuojant geotermines sistemas, verta rinktis tokias vietas, kur gruntinis vanduo yra ne paviršiuje, bet bent 6–7 m gylyje – ten jo temperatūra išlieka stabilesnė ir tinkamesnė šildymui.

Spūdinų vandeningųjų sluoksnių vandens temperatūra

Lietuvoje geoterminei energijai dažniausiai naudojami ne paviršiniai, bet spūdiniai (arba giliau slūgsantys uždaro tipo) vandeningieji sluoksniai. Šie sluoksniai išsiskiria tuo, kad jie yra atskirti nuo atmosferos nelaidžių uolienu (molio, priemolio ar aleurito) sluoksniu ir pasižymi pastovesniu hidrogeologiniu bei terminiu režimu. Dėl šios natūralios „šiluminės izoliacijos“ spūdiniai sluoksniai mažiau reaguoja į sezoninį klimato pokyčius, o jų temperatūra išlieka pastovesnė nei gruntinio vandens (žr. Pūtys, 2020).

Praktiškai spūdiniai sluoksniai ypač svarbūs tais atvejais, kai reikia didesnės galios šilumos siurbliams, pavyzdžiui, šildant visuomeninius ar pramoninius pastatus. Jie taip pat naudingi tada, kai dėl sklypo apribojimų nėra galimybės įrengti paviršinių kolektorių – sklypas per mažas, gruntas per drėgnas ar netinkamos geologinės sąlygos. Dar vienas pranašumas: šių sluoksnių vanduo išlieka stabilios temperatūros visus metus, todėl sistema dirba tolygiau ir efektyviau.

Tame pačiame tyrime (žr. Giedraitienė, Pūtys, 2011) pažymima, kad vandens temperatūra Lietuvoje keičiasi palaipsniui didėjant gyliui. Nors tendencija aiški – kuo giliau, tuo šilčiau, šis pokytis nėra tolygus visoje šalyje. Skirtumus lemia ne tik gylis, bet ir geologinė sandara bei regioninės sąlygos (10 lentelė).

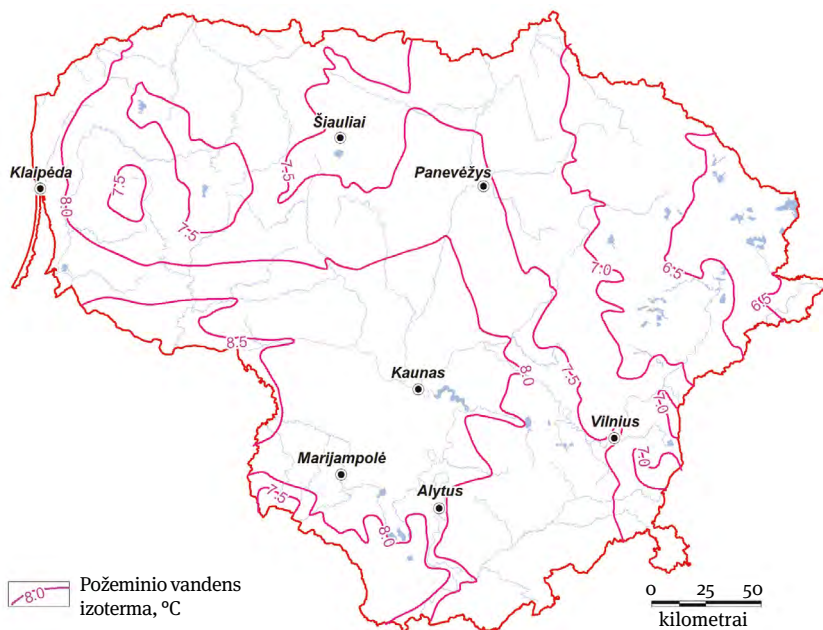
Nors šiame poskyryje analizuojama požeminio vandens temperatūra įvairiame gylyje (20–250 m), pateikiami keturi reprezentatyvūs žemėlapiai (20, 30, 100 ir 200 m gylių), leidžiantys susidaryti vaizdą apie temperatūrų pasiskirstymą ir jo kaitą didėjant gyliui (53–56 pav.).

20–50 m gylyje požeminio vandens vidutinė temperatūra kinta nuo 6,9 °C iki 12,7 °C. Žemiausios temperatūros (<8 °C) fiksuojamos viršutiniai devono ir tarpmoreniniuose sluoksniuose, pavyzdžiui, Biržų, Vilniaus, Jonavos rajonuose. Daugelyje kitų vietovių, ypač kur eksploatuojami aliuviniai arba viršutiniai tarpmoreniniai vandeningieji sluoksniai, vyrauja +8–10 °C temperatūra, o aukščiausios reikšmės siekia 12 °C ir daugiau.

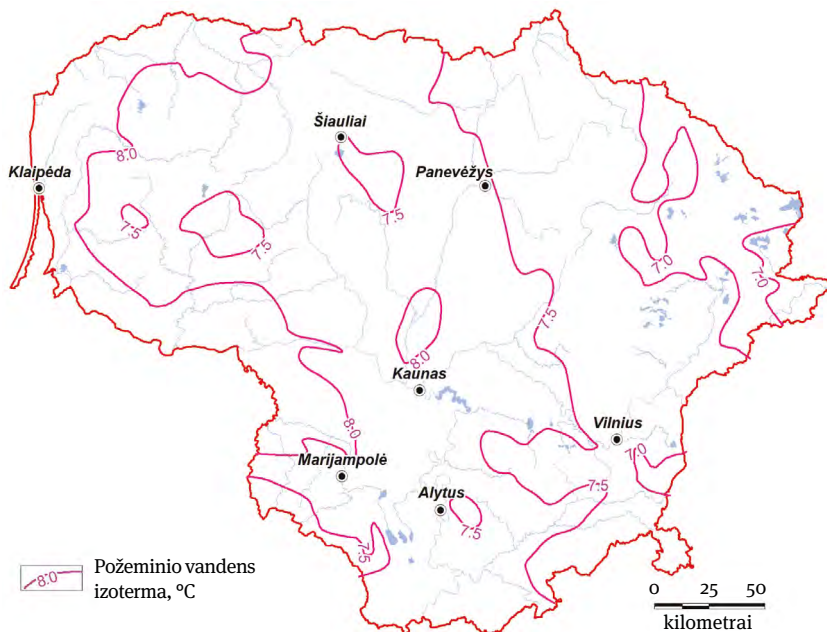
50–100 m gylyje temperatūra pakyla nedaug: vidutinė reikšmė svyruoja nuo 6,9 °C iki 11,8 °C, vyrauja 8–10 °C temperatūra. Nors bendras gylis padidėja dvigubai, vidutinė temperatūra čia yra tik apie 0,5 °C aukštesnė nei 20–50 m gylyje.

10 lentelė. Požeminio vandens temperatūra skirtinguose gyliuose ir susiję vandeningieji sluoksniai

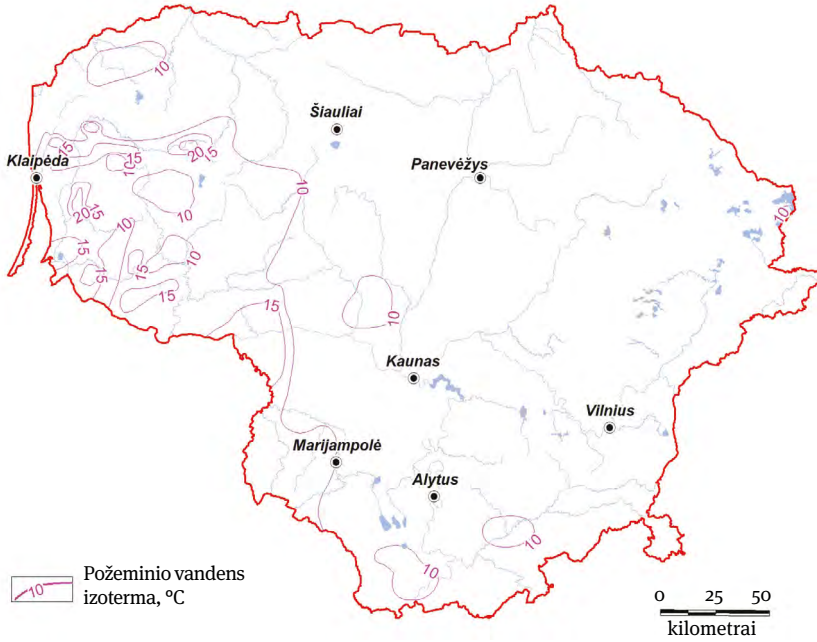
Gylio intervalas	Vidutinė temperatūra (°C)	Temperatūros ribos (°C)	Vandeningieji sluoksniai	Pastabos
20–50 m	8,0–10,5	6,9–12,7	Kvartero tarpmoreniniai, devonas (viršutiniai sluoksniai)	Žemiausios vertės – Biržų, Vilniaus, Jonavos r.
50–100 m	8,5–10,8	6,9–11,8	Kvartero tarpmoreniniai, kreida, devonas	Nedidelis pokytis palyginti su viršutiniu intervalu
100–150 m	8,7–10,1	7,4–12,5	Kreida, devonas	Vėsesnis vanduo šiaurės rytuose, šiltėsnis – pietryčiuose
150–200 m	~10,5	>8,0–13,0+	Devonas (žemesni sluoksniai)	Ryškesnė temperatūrų variacija (asimetriška sklaida)
200–250 m	11,0–12,8	8,5–15,6	Permas, devonas (žemesni sluoksniai)	Šiltėsnis vanduo šiaurės vakaruose (Žagare), vėsesnis – šiaurės rytuose
>250 m	~12,5	9,6–15,2	Permas	Didžiausia temperatūrų įvairovė, kai kur mineralinis vanduo



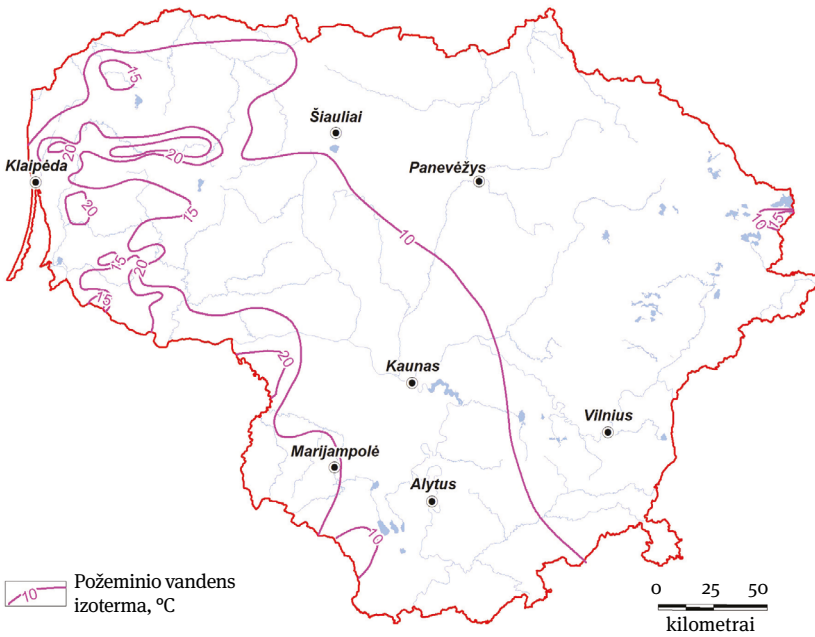
53 pav. Požeminio vandens vidutinė daugiametė temperatūra 20 m gylyje (Kadūnas ir kt., 2018).



54 pav. Požeminio vandens vidutinė daugiametė temperatūra 30 m gylyje (Kadūnas ir kt., 2018).



55 pav. Požeminio vandens vidutinė daugiamečių metų temperatūra 100 m gylyje (Kadūnas ir kt., 2018).



56 pav. Požeminio vandens vidutinė daugiamečių metų temperatūra 200 m gylyje (Kadūnas ir kt., 2018).

100–150 m gylyje temperatūra toliau didėja, bet labai nedaug, vidutinė reikšmė svyruoja nuo 7,4 °C iki 12,5 °C. Pastebimas regioninis kontrastas: šiaurės rytuose vanduo vėsesnis, pietryčiuose – šiltesnis. Lyginant su 50–100 m gyliu, temperatūros padidėjimas siekia vos 0,2 °C.

150–200 m gylyje temperatūros pasiskirstymas tampa labiau nevienalytis, nors žemiausios reikšmės jau viršija 8 °C. Didesnė temperatūros įvairovė siejama su skirtingais devono vandeningaisiais sluoksniais, slūgsančiais skirtingame gylyje, jų litologija ir paplitimo sąlygomis.

200–250 m gylyje vidutinė vandens temperatūra siekia apie 12 °C, tačiau kai kuriose vietose vanduo gali būti ir vėsesnis (apie 8,5 °C), ir gerokai šiltesnis – net iki 15,6 °C. Šiame gylyje temperatūrų skirtumai tarp regionų išryškėja dar labiau: Šiaurės rytų Lietuvoje vyrauja vėsesnis viršutinio devono vanduo, o šiaurės vakaruose – šiltesnis Žagarės ir viršutinio permio vandeningųjų sluoksnių vanduo.

Didesniame nei 250 m gylyje temperatūra gali būti labai įvairi – nuo 9,6 °C iki 15,2 °C, vidutinė siekia apie 12,5 °C. Tokį didelį temperatūrų skirtumą lemia tai, kad vanduo susiformavo skirtingomis sąlygomis – vienur jis yra gėlas, kitur – mineralinis. Be to, šiame gylyje pasitaiko įvairių geologinių sluoksnių, priklausančių permui, triasui ar devonui. Kadangi vandens gylis taip pat yra nevienodas (nuo 270 iki 370 m), jo temperatūra priklauso ne tik nuo to, kaip giliai vanduo slūgso, bet ir nuo to, kokios uolienos jį supa.

Tęsdami požeminio vandens temperatūros analizę skirtingame gylyje, paagrindėme temperatūros ypatybes pagrindinėse vandens gavybos Lietuvoje eksploatuojamose geologinėse sistemose: kvartero, kreidos, juros, devono ir permio. Tyrimai rodo, kad aukščiausia vidutinė temperatūra būdinga permio sistemos vandeningiesiems sluoksniams, kurie ir slūgso didžiausiame gylyje. Priešingai, žemiausios temperatūros fiksuojamos kvartero sistemos vandeninguosiuose sluoksniuose, kurie yra arčiausiai žemės paviršiaus. Nors būtų galima tikėtis, kad einant gilyn temperatūra nuosekliai didės, kai kuriose sistemose (ypač devono) šis ryšys nėra toks aiškus dėl didelio litologinio nevienalytiškumo ir plačios vandeningųjų sluoksnių slūgsojimo gylio amplitudės (20–370 m). Devono vandeninguosiuose sluoksniuose temperatūra svyruoja nuo 7,4 iki 14 °C. Vakarų Lietuvoje šios sistemos vandeningųjų sluoksnių vanduo šiltesnis, o šiaurės rytuose – vėsesnis.

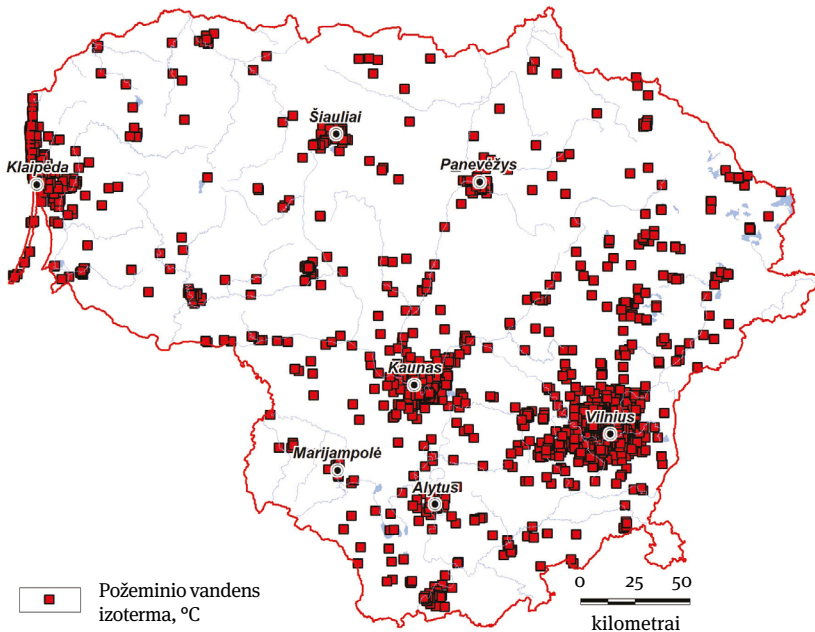
Permio vandeninguosiuose sluoksniuose vandens temperatūra taip pat gana nevienoda – nuo 8,15 iki 15,55 °C. Šiuos skirtumus lemia ne tik skirtingas gręžinių gylis, bet ir regioniniai vandeningų permio nuogulų paplitimo ypatumai, nes jos paplitę tiek šalies šiaurės vakaruose, tiek pietryčiuose, kur vandens temperatūra ryškiai skiriasi. Nors juros sistemos vandeningieji sluoksniai vidutiniškai yra seklesni už permio sluoksnius, jų

vandens temperatūra yra labai artima, o kreidos vandeningieji sluoksniai pasižymi beveik 1 °C mažesne vidutine temperatūra.

Stipriausia požeminio vandens temperatūros priklausomybė nuo gylio matoma permio vandeninguosiuose sluoksniuose, mažesnė – kreidos ir silpna – devono sluoksniuose. Kvartero vandeningųjų sluoksnių vandens temperatūra nuo gylio beveik nepriklauso. Tai rodo, kad kai kurių sistemų temperatūrinis režimas labiau veikiamas kitų veiksnių, tokių kaip litologinė sudėtis, regioninė šilumos dinamika ar infiltracinės sąlygos.

Geoterminių sistemų plėtra Lietuvoje

Pirmieji geoterminiai šilumos siurbLIAI, skirti namų ūkiams, Lietuvoje buvo pradėti montuoti 2000 metais. Dėl paprastos sistemos priežiūros, didelio efektyvumo, mažų sistemos priežiūros ir eksploatacijos išlaidų bei maksimalaus komforto lygio sistemų įrengimo mastas ir faktinė išteklių gavyba vis dar auga. Lietuvos geologijos tarnyba, siekdama užtikrinti racionalų išteklių naudojimą ir paskatinti vietinių atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) panaudojimą šalies ūkyje, 2015 m. parengė geoterminių gręžinių projektavimo, įrengimo ir likvidavimo tvarkos aprašą bei pradėjo registruoti esamas ir naujai įrengiamas geoterminių gręžinių sistemas



57 pav. Geoterminių gręžinių sistemų žemėlapis (Štuopis, 2025).

(žr. Palaitis, 2016). 2017 m. parengta žemės gelmių geoterminės energijos (sekliosios) išteklių skaičiavimo metodika (žr. Pūtys, 2017).

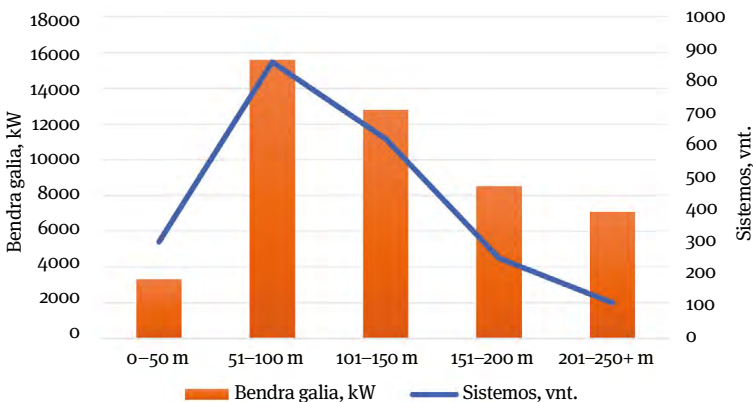
Pastarąjį dešimtmetį geoterminės sistemos Lietuvoje tapo vis dažnesniu atsinaujinančios energijos šaltiniu tiek individualių namų ūkiuose, tiek verslo ir visuomeniniuose objektuose. Oficialiais duomenimis, iki 2025 m. liepos 1 d. Lietuvoje buvo registruotos 2 292 geoterminės sistemos, iš kurių 2 265 (98,8 %) yra veikiančios (57 pav.). Tai patvirtina ne tik sparčią plėtrą, bet ir didelį veikiančių sistemų patikimumą.

Bendras gręžinių skaičius šiose sistemose yra net 10 818, t. y. vidutiniškai apie 4,7 gręžinio vienai sistemai. Įrengiami gręžiniai yra įvairaus gylio – nuo kelių dešimčių iki kelių šimtų metrų, vidutinis geoterminės sistemos įrengimo gylis siekia apie 93,6 m. Didžiausias užfiksuotas gylis – 250 m leidžia efektyviai naudoti giliau slūgsančius šiltesnius geologinius sluoksnius.

Vertinant šiuo metu Lietuvoje registruotų geoterminių sistemų pasiskirstymą pagal jų maksimalų gręžinio gylį, galima išskirti šešis pagrindinius intervalus. Daugiausia sistemų įrengta 50–150 m gylyje, šis gylis optimalus tiek reikalingos šilumos, tiek įrengimo kaštų požiūriu (58 pav., 11 lentelė).

0–50 m gylio intervalas. Šiame intervale įrengta apie 13 % visų sistemų. Dažniausiai tai mažos galios įrenginiai, skirti nedidelio energijos poreikio objektams, kai leidžia geologinės sąlygos arba kai šilumos siurblys naudojamas tik papildymui. Bendra jų galia sudaro apie 7 % visos galios.

51–100 m gylio intervalas. Ši kategorija yra gausiausia, jai priklauso apie 38 % visų sistemų. Toks gylis dažniausiai parenkamas individualių gyvenamųjų namų šildymui. Šiai grupei tenka apie 33 % visos registruotos geoterminės galios.



58 pav. Geoterminių sistemų kiekis ir bendra galia pagal gylį (Štuopis, 2025).

11 lentelė. Geoterminių sistemų pasiskirstymas pagal gylį

Gylio intervalas (m)	Sistemos (vnt.)	Proc. nuo visų sistemų	Bendra galia (kW)	Proc. nuo visos galios	Tipinė paskirtis
0–50	~300	~13	~3300	~7	Mažos galios sistemoms, gyvenamieji namai
51–100	~860	~38	~15600	~33	Dažniausias pasirinkimas, individualūs būstai
101–150	~620	~27	~12800	~27	Vidutinės galios, mišrus pritaikymas
151–200	~250	~11	~8500	~18	Didesnės apkrovos, komerciniai objektai
201–250 ir daugiau	~110	~5	~7100	~15	Didelės galios sistemos – visuomeniniai ar pramoniniai pastatai

101–150 m gylio intervalas. Šiame intervale sutelkta apie 27 % sistemų. Jų galia dažniausiai būna vidutinė (20–50 kW), naudojamos tiek individualiuose, tiek komerciniuose objektuose. Tokios sistemos sudaro apie 27 % visos instaliuotos galios.

151–200 m gylio intervalas. Šios gilesnės sistemos sudaro apie 11 %. Jų galia dažniausiai didesnė nei vidutinė – nuo 40 kW iki 100 kW, todėl yra skirtos didesniems pastatams. Bendra jų galia siekia apie 18 % visos geoterminės galios.

201–250 m ir >250 m. Tai retesnės, bet labai galingos sistemos, kurios sudaro apie 5 % visų sistemų, tačiau dėl savo didelės galios šios sistemos gali sudaryti net 15 % visos geoterminių sistemų galios. Toks gylis naudojamas tada, kai reikia didelės ir pastovios šilumos, pavyzdžiui, komerciniuose ar visuomeniniuose pastatuose.

Analizuojant sistemų galią matyti, kad vidutinė vienos sistemos šilumos galia siekia apie 20,7 kW, o bendra visų registruotų sistemų galia viršija 47,3 MW. Tai reikšminga ne tik techniniu, bet ir nacionaliniu mastu: toks geoterminės šilumos kiekis galėtų patenkinti vidutinio dydžio Lietuvos miesto (pavyzdžiui, Utenos ar Telšių) šildymo poreikius žiemos metu arba prilygti kelių mažesnių miestų centralizuotų šilumos tinklų galios lygiui.

Galingiausia registruota sistema siekia 783 kW, o tai rodo, kad geotermija Lietuvoje taikoma ne tik individualiuose būstuose, bet ir didesniuose objektuose – gamybinėse, visuomeninėse ar komercinėse patalpose. Mažesnės galios sistemos, kaip jau minėta, dažniausiai skirtos gyvenamiesiems namams bei nedideliam verslui.

Didelis veikiančių sistemų kiekis rodo ne tik jų techninį patikimumą, bet ir visuomenės pasitikėjimą šia technologija. Gręžinių tankis atspindi didelį susidomėjimą vertikaliuoju geotermijos būdu, ir nors jam reikalingos didesnės pradinės investicijos, ilguoju laikotarpiu jis yra labai efektyvus.

Geoterminių sistemų diegimas Lietuvoje taip pat atspindi šilumos ūkio politikos kryptį – siekį mažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro, stabilizuoti energijos kainas ir stiprinti energetinį savarankiškumą regioniniu

lygiu. Be to, šilumos gamyba iš vietinių nulinės emisijos šaltinių tiesiogiai prisideda įgyvendinant klimato kaitos švelninimo tikslus.

Literatūra

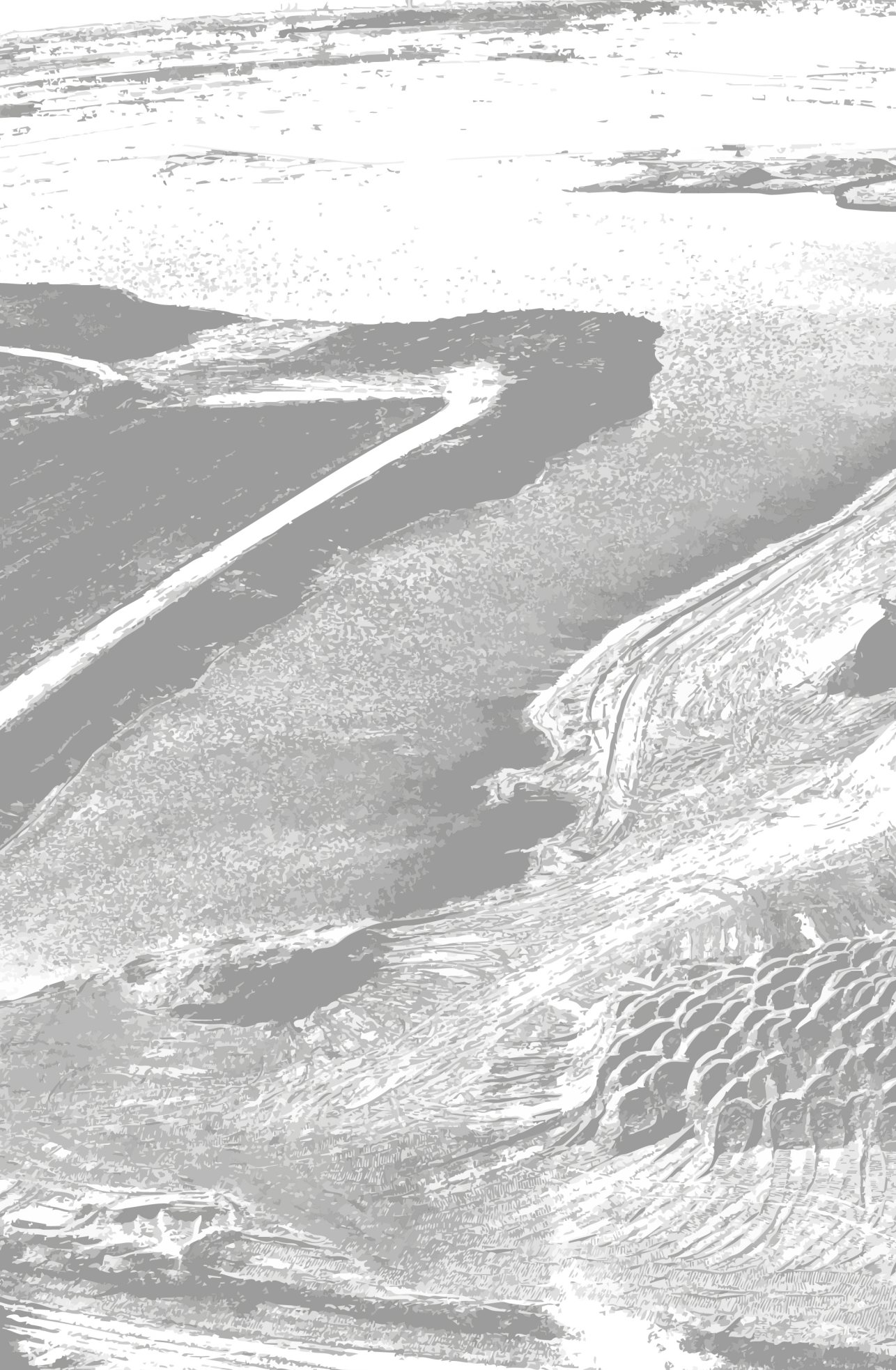
1. Diliūnas J., Jurevičius A., Kaminskas M. 2002. *Manganas Lietuvos gélame požeminiame vandenyje*. Vilnius: Geologijos ir geografijos institutas. 73, [1] p.
2. Dobkevičius M. 2001. *Hidrogeodinamika*. Vilnius: Enciklopedija. 358 p.
3. Gregorauskas M., Juodkazis V., Štuopis A. 2013. Lietuvos gėlo požeminio vandens išteklių prognozė artimai ir tolimai ateičiai. *Geologijos akiračiai*, Nr. 1, p. 18–24.
4. Gregorauskas M., Klimas A., Domaševičius A., Štuopis A., Paukštys B., Drevalienė G. 2011. Požeminio vandens baseinų ir telkinių apibūdinimas. *Lietuvos vandens telkinių būklė ir ūkinės veiklos poveikis*. Vilnius: Vandens harmonija, p. 121–252.
5. Juodkazis V. 1979. *Pabaltijo hidrogeologijos pagrindai*: mokymo priemonė. Vilnius: Mokslas. 143 p.
6. Juodkazis V. 2003. *Hidrogeologijos pagrindai*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla. 170 p.
7. Kadūnas K. 1993. Užterštos atmosferos įtaka Lietuvos gruntinio vandens cheminei sudėčiai: daktaro disertacijos santrauka. Vilnius. 26 p.
8. Kadūnas K., Pūtys P., Gedžiūnas P. 2018. *Lietuvos požeminis vanduo*: hidrogeologijos atlasas. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla. 173, [3] p.
9. Klimas A. 2006. *Vandens kokybė Lietuvos vandenvietėse*: pokyčių studija. Vilnius: Lietuvos vandens tiekėjų asociacija, 2006. 487 p.
10. Klimas A., Bendoraitis A. 1998. Formation of groundwater quality at Klaipėda wellfield No 3. *Geologija*, Nr. 24, p. 5–11.
11. Klimas A., Mališauskas A. 2007. Boras ir kiti retesnieji mikroelementai Lietuvos gėlo požeminio vandens sluoksniuose. *Geologijos akiračiai*, Nr. 3, p. 34–41.
12. *Lietuvos geologija*. 1994. Sud. A. Grigelis, V. Kadūnas. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla. 447 p.
13. *Lietuvos vandens telkinių būklė ir ūkinės veiklos poveikis*. 2011. Ats. red. B. Paukštys. Vilnius: Vandens harmonija. 631, [6] p.
14. Marcionis A. 2022. Esamos ir galimos grėsmės požeminio vandens išteklių kokybei. Ką daryti, kad jų išvengtume. *Vandentvarka*, Nr. 60, p. 3–4.
15. Misiūnas J. A. (sud.). 1986. *Gręžtinių šulinių filtrų įrengimas ir eksploatacija*: metodinės rekomendacijos. Vilnius. 89 p.
16. Palaitis Ž. 2019. Sekloji geotermija – neišnaudotas Lietuvos potencialas. *Geologijos akiračiai*, Nr. 1–2, p. 24–29.
17. Palaitis Ž., Satkūnas J. 2016. Geologinių pjūvių sudėties ir šiluminio laidumo vertės koreliacija. *Geologija. Geografija*, t. 2, Nr. 4, p. 182–194.
18. Климас А., Кадунас К. 1991. Влияние Йонавского производственного объединения „Азот“ на подземные воды. *Regioninė hidrometeorologija*, t. 14, p. 54–61.
19. Сакалаускаене Д. 1985. Прогноз инфильтрационного питания подземных вод. *Разведка и охрана недр*, № 3. Москва, p. 49–52.

Fondų darbai

20. Diliūnas J. (ats. vykd.), Karvelienė D. 2008. *Požeminio vandens išteklių įvertinimas Lietuvoje. Nemuno ir Neries, Nevėžio žemupio pabaseinio turimi vandens ištekliai*: galutinė ataskaita. Vilnius. 139 p. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 11945.

21. Gedžiūnas P. (ats. vykd.). 2010. *Mineralinio vandens kartografavimas M 1:400 000*: ataskaita už projektą. Vilnius. 187 p. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 14328.
22. Giedraitienė J., Pūtys P. 2011. *Požeminio vandens aktyviosios apytakos zonos temperatūros režimas*: projekto ataskaita. Vilnius. 86 p. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 16340.
23. Giedraitis R. (ats. vykd.), Arustienė J., Giedraitienė J., Kriukaitė J., Marcinkevičienė G., Radienė R. 2005. *Gėlo požeminio vandens išteklių būklės įvertinimas baseininio valdymo tikslais (pagal Europos Parlamento ir Tarybos direktyvą 2000/60/EB)*. 7 d. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 7895.
24. Gregorauskas M. (ats. vykd.), Klimas A., Bendoraitis A. 2008. *Viršutinio–vidurinio paleozojaus hidrogeologinės sistemos turimi požeminio vandens ištekliai*: galutinė ataskaita. 2 d. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 11806.
25. Gregorauskas M. (ats. vykd.), Klimas A., Bendoraitis A. 2012. *Kainozojaus–mezozojaus hidrogeologinės sistemos (viršutinės–apatinės kreidos požeminio vandens baseinas) turimi požeminio vandens ištekliai*: galutinė ataskaita. 2 d. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 16816.
26. Gregorauskas M., Bendoraitis A., Klimas A., Mališauskas A. 2004. *Vilniaus miesto Aukštųjų Panerių, Trakų Vokės, Bukčių, Jankiškių, Žemųjų Panerių, Vingio ir Pagirių vandenviečių sanitarinių apsaugos zonų nustatymo projektas*. Vilnius. 159 p. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 7365.
27. Gregorauskas M., Klimas A., Plankis M. 2003. *Viršutinio paleozojaus hidrodinaminės sistemos regioninių požeminio vandens išteklių įvertinimas (Šiaurės–Vakarų Lietuvos permio, Žagarės, Stipinų vandeniningieji horizontai)*: baigiamoji ataskaita. 2 d. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 9376.
28. Gregorauskas M., Štuopis A. 2012. *Vandenviečių išteklių formavimosi Lietuvos požeminio vandens baseinuose zonų žemėlapiai*: galutinė ataskaita. Vilnius. 15 p. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 16818.
29. Jurevičius A. 1997. *Geležies formavimosi Lietuvos gėlame požeminiame vandenyje dėsnin-gumai*: daktaro disertacija. 2 d. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 4748.
30. Klimas A., Gregorauskas M., Mikšienė L., Bendoraitis A., Šonta Z., Plankis M. 2006. *Grėžinių Nr. 517, 26580 mineralinio vandens eksploatacinių išteklių ir Birštono telkinio vandenviečių sanitarinių apsaugos zonų įvertinimas*: hidrogeologinė ataskaita. Vilnius. 166 p. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 8778.
31. Marcinonis A. (ats. vykd.). 1991. *Parengtinio ir detalaus požeminio vandens žvalgyimo Ukmergės m. centralizuotam vandentiekui ataskaita (1987–1991 m.)*. 3 d. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 4169.
32. Pūtys P. 2013. *Požeminio vandens infiltracinės mitybos žemėlapis M 1:200 000 sudarymas*. Vilnius. 57 p. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 18624.
33. Pūtys P. 2017. *Žemės gelmių geoterminės energijos (sekliosios) išteklių skaičiavimo me-todikos parengimas*. Vilnius. 84 p. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 24756.
34. Pūtys P. 2020. *Žemės gelmių geoterminės energijos (sekliosios) išteklių ir jų panaudojimo galimybių vertinimas*. Vilnius. 118 p. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 38103.
35. Radienė R., Šugalskienė J. 2016. *Užterštų teritorijų inventorizavimo, tyrimų ir tvarkymo apžvalga. Požeminio vandens monitoringas Lietuvoje 2011–2015 metais ir kiti hidrogeolo-giniai darbai*. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba, p. 150–155.
36. Šonta Z. (ats. vykd.). 1999. *Požeminio mineralinio vandens eksploatacinių išteklių Druskininkų vandenvietėse įvertinimas*: baigiamoji ataskaita. 2 d. Vilnius. Lietuvos ge-ologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 5100.

37. Štuopis A. (ats. vykd.). 2008. *Pietryčių Lietuvos kvartero hidrogeologinės sistemos turimi požeminio vandens išteklių*: galutinė ataskaita. 2 d. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 12034.
38. Štuopis A. (ats. vykd.), Domaševičius A., Drevalienė G. 2009. *Požeminio vandens išteklių įvertinimas Lietuvoje: smėlingosios pietryčių lygumos pabaseinio turimi požeminio vandens išteklių*: priedas prie ataskaitos „Pietryčių Lietuvos kvartero hidrogeologinės sistemos turimi požeminio vandens išteklių“. 2 d. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 13253.
39. Štuopis A. (ats. vykd.), Domaševičius A., Drevalienė G. 2012. *Požeminio vandens išteklių įvertinimas Lietuvoje: Vakarų Žemaičių kvartero požeminio vandens baseino turimi požeminio vandens išteklių*. 2 d. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 16817.
40. Сакалаускаене Д. 1973. Закономерности гидродинамического режима грунтовых вод Литовской ССР: диссертация кандидата геолого-минералогических наук. Вильнюс. 207 p. Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 2728.



4. ANGLIAVANDENILIAI

Kas tai? Kam jie reikalingi?

Angliavandeniliai – tai anglies ir vandenilio junginiai, paplitę Žemėje. Gamtoje aptinkami dujinės, skystos ir kietos formos. Žemės gelmėse susikaupę dideli kiekiai angliavandenilių sudaro dujų, naftos ar kietųjų angliavandenilių (bitumo) sankaupas ir telkinius. Daugiausia naudojami atskiri dujų ir naftos telkiniai arba bendri telkiniai, kai viršutinė uždaro rezervuaro dalis užpildyta dujomis, apatinė – nafta. Dėl sudėtingos gavybos rečiau eksploatuojamos kietųjų angliavandenilių sankaupos.

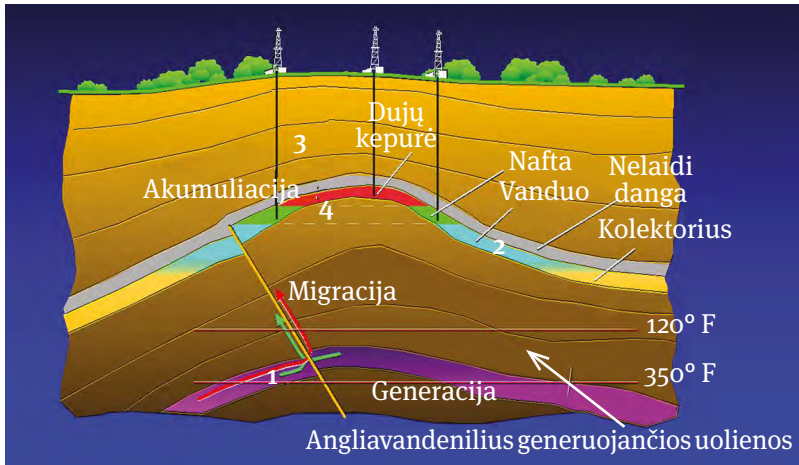
Tradiciniams naftos ir dujų telkiniams susidaryti reikalingos trys pagrindinės sąlygos. Pirmoji – geologiniame baseine turi būti angliavandenilių šaltinis – gausiai organine medžiaga prisotinta uoliena. Dažniausiai tai molis, argilitas ir skalūnai. Antroji sąlyga – poringos ir laidžios uolienos, kuriomis angliavandeniliai gali migruoti ir kauptis. Tokios uolienos yra smiltainis, klintis, dolomitas. Trečioji – šias poringas uolienas turi dengti nelaidžios uolienos, kad susidarytų uždaros jų kaupimosi vietos.

Kietųjų angliavandenilių sankaupos formuojasi ten, kur nėra tvirtos dangos. Lengvos frakcijos išsisklaido, o likusios sunkios, itin klampios frakcijos pasilieka, sudarydamos kietų arba pusiau kietų angliavandenilių telkinius.

Pastaruojamu metu vis didesnę reikšmę įgyja vadinamieji išsklaidytieji angliavandeniliai (dažnai vadinami skalūnų dujomis ar skalūnų nafta). Išsklaidytieji angliavandeniliai – tai Lietuvos Žemės gelmių įstatyme vartojama sąvoka. Tiesa, gali atrodyti, kad ji ne visiškai tiksliai atspindi esmę. Tačiau čia kalbama apie angliavandenilius, kurie susidarė gausiai organine medžiaga prisotintose uolienose. Veikiant temperatūrai ir slėgiui jie virto nafta ar dujomis ir liko vietoje. Nemigravo, neišsisklaidė, o liko ten, kur ir buvo – molingame argilite, skalūnuose (1 pav.).

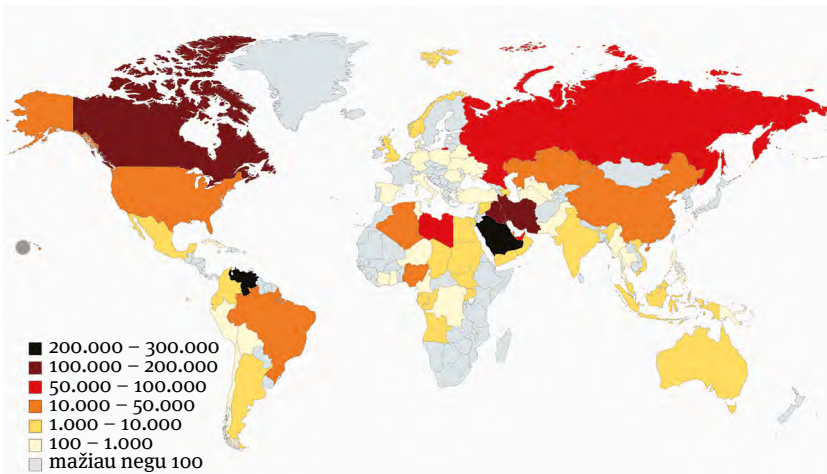
Nafta ir dujos pasaulyje

Angliavandenilių išteklių atskirose valstybėse retkarčiais yra skaičiuojami ir perskaiciuojami. Tai būtina, nes išteklių kaita – nesibaigiantis procesas.



1 pav. Angliavandeniliai gelmėse: 1 – motininės uolienos ir išsklaidytieji angliavandeniliai, 2 – rezervuaras, 3 – danga, 4 – tradicinių angliavandenilių telkinys (Craig, Quagliarol, 2020).

Gerėjant gelmių pažinimui ir vystantis gavybos technologijoms, kartu „auga“ angliavandenilių išteklių: atsiranda nauji regionai, naujos angliavandenilių rūšys. Toliau (2 pav.) pateikiami patvirtinti naftos išteklių pasaulyje. Kartais optimistinės prognozės nepasitvirtina ir tenka grįžti



2 pav. Skirtingose šalyse patvirtinti naftos išteklių (milijonai barelių, naftos barelis – 159 litrai), 2017 m. pradžia (Map of countries, 2017).

prie mažesnių prognozuojamų išteklių kiekių tiek atskirose šalyse, tiek ir geologiniuose baseinuose.

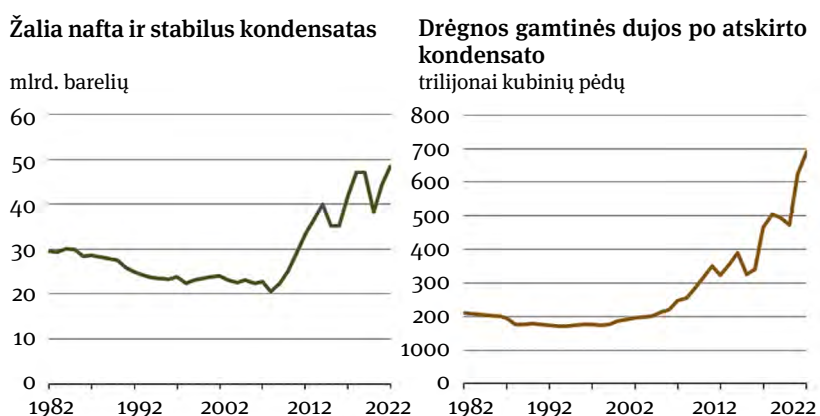
Išteklių kaitą per pastaruosius 40 metų gerai iliustruoja tendencijos JAV (3 pav.). Išžvalgyti naftos ir dujų ištekliai nuo 2008 m. iki 2022 m. padidėjo daugiau negu 2 kartus. Toks šuolis įvyko dėl skalūnų angliavandenilių.

Negalime teigti, kad skystų ir dujinių angliavandenilių ištekliai greitai pasibaigs. JAV Prezidento Donaldso Trampo raginimas „Drill, boys, drill“ (Gręžkite vaikinai, gręžkite) skatina naujus atradimus ir gavybos augimą.

Šiuolaikinės tendencijos

Tikriausiai nėra abejojančiųjų klimato kaita, nors tvirto sutarimo, kodėl tai vyksta, taip pat nėra. Pagrindine priežastimi laikomos šiltnamio efektą sukeliančios CO₂ dujos, metanas, fluorintos dujos, todėl siekiama kuo mažiau naudoti iškastinio kuro, konkrečiai – akmens anglies, naftos ir dujų. Tačiau labiausiai išsivysčiusiose šalyse išžvalgyti naftos ir dujų ištekliai bei jų gavyba auga. Išgauti ištekliai nekaupiami, bet naudojami.

Prie klimato kaitos prisideda ir fluorintos šiltnamio efektą sukeliančios dujos, kurios vienintelės atsiranda ne natūraliai, o dėl žmogaus pramoninės veiklos. Pramoninėse šalyse šios dujos sudaro apie 15 % šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos, tačiau jos yra pajėgios sulaikyti šilumą net iki 22 tūkst. kartų efektyviau negu CO₂, o atmosferoje gali išbūti tūkstančius metų. Fluorintos šiltnamio efektą sukeliančios dujos naudojamos šaldymo įrangai, oro kondicionieriams, šilumos siurbliams, elektronikos, saulės



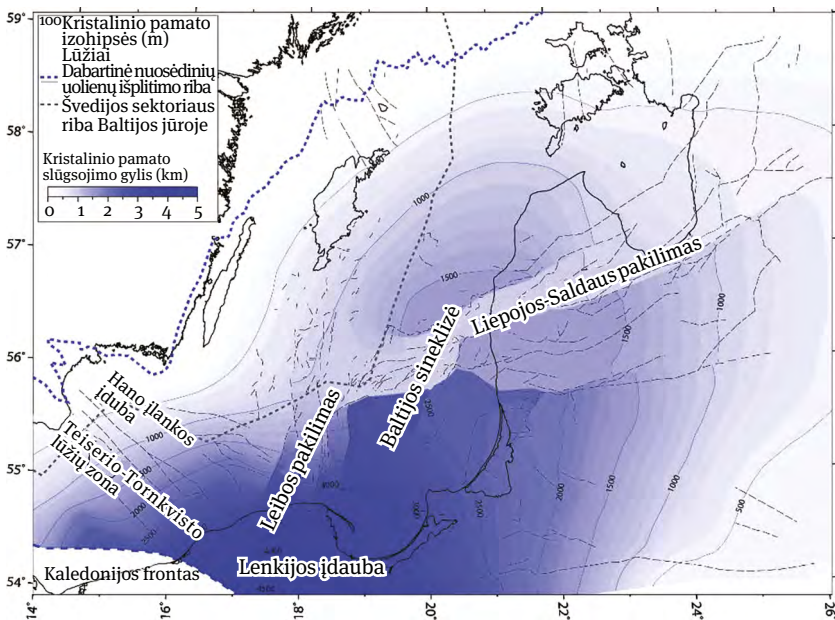
3 pav. JAV išžvalgyti naftos ir dujų ištekliai, 2022 m. pabaiga (U.S. crude oil, 2024).

elementų gamyboje ir kt. srityse, kurias labiausiai skatina „žaliojo kurso“ gerbėjai, t. y. iškastinio kuro priešininkai.

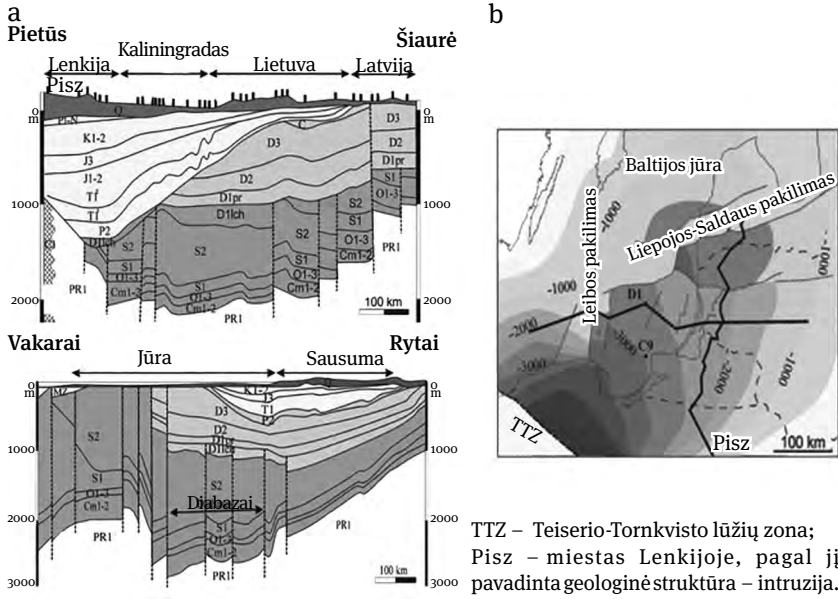
Baltijos įduba (sineklizė)

Lietuva yra ant Rytų Europos platformos, senos Žemės plutos plokštės. Vakarinėje platformos dalyje slūgso gili įduba – Baltijos sineklizė. Jos pamatą sudaro metamorfinės ir magminės kilmės kristalinės archėjaus-proterozojaus amžiaus uolienos. Kristalinį pamatą dengia nuo 300 iki daugiau nei 5 000 m nuosėdinių uolienų storymė (4 pav.). Lietuvoje kristalinis pamatas yra 300–2 300 m gylyje (5 pav.), virš jo yra nuosėdinės uolienos, susidariusios nuo vėlyvojo proterozojaus iki dabartinių laikų.

Lietuvoje yra visų geologinių sistemų nuosėdų. Šiuo požiūriu Baltijos sineklizė yra unikalus baseinas. Išskiriami trys pagrindiniai nuosėdinių uolienų struktūriniai kompleksai (5 pav.). Apatinis kaledoninis kompleksas apima laikotarpį nuo apatinio kambro iki apatinio devono pradžios, vidurinis gercininis – nuo ankstyvojo devono kamero iki ankstyvojo permio, viršutinis alpinis – nuo vėlyvojo permio iki neogeno laikotarpio. Nepaisant bendro judėjimo žemyn ir nuosėdų susidarymo, kiekvienas kompleksas turi savus tektoninio vystymosi bruožus. Angliavandenilių



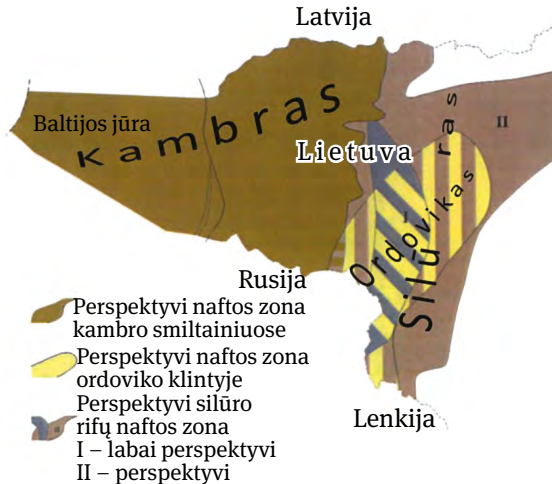
4 pav. Baltijos sineklizė. Izolinijos rodo kristalinio pamato gylius, smulkus punktyras – tektoninius lūžius (Sopher et al., 2014).



5 pav. Geologiniai pjūviai (a) ir jų padėtis plane (b):

tamsiai pilkas – kaledoninis kompleksas, vidutiniškai pilkas – gercininis, šviesiai pilkas – alpinis (Motuza et al., 2015).

atveju svarbios yra uolienos, kurios susidarė kambro, ordoviko ir silūro periodais (6 pav.).

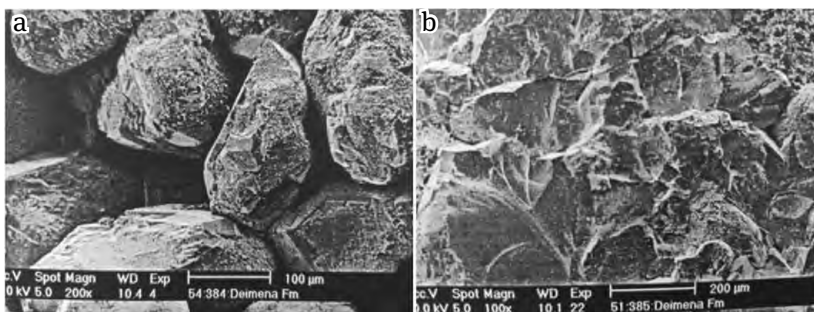


6 pav. Perspektyvios naftos teritorijos Lietuvoje (be išsklaidytųjų angliavandenilių) (Jacyna et al., 1997).

Kambro smiltainis yra tas rezervuaras, kuriame yra visi Baltijos sineklizėje surasti naftos, o Lenkijos Baltijos jūros sektoriuje – ne tik naftos, bet ir dujų bei dujų kondensato telkiniai. Prie kambro smiltainio kai kuriose vietose (Ablingos, Šilalės naftos telkiniai) jungiasi ankstyvajame ordovike susiformavęs Pakerorto smiltainis ir kristalinio pamato dūlėjimo pluta (Vieviržėnų plotas, Girkalių naftos telkinys), sudarydami bendrą hidrodinaminį kompleksą.

Kambro smiltainis dėl savo kolektorinių savybių labai kinta. Savybių kaita vyko ilgą laiką. Dar sedimentacijos metu vienur klostėsi stambesnės, kitur – smulkesnės smėlio frakcijos. Ramesnės aplinkos vietose kartu nusėdo smulkios kvarco ar net molio dalelės. Sedimentacijos metu atsirado didelė klastinių uolienuų diferenciacija – nuo smiltainio iki aleulolito ir molio. Skirtingų uolienuų sluoksniai keičiasi ir horizontaliai, ir vertikaliai. Vėliau kataginezės stadijoje kvarco grūdėliai buvo suspausti, susidarė labai kompaktiška uoliena, kai kuriose vietose kvarcas tirpo, dar vėliau SiO_2 virto nuosėdomis, vyko kvarco grūdėlių cementavimas (regeneracija) kvarcu. Prie šių veiksnių prisidėjo tektoninės įtampos, suformavusios ir lūžius, ir uolienuų plyšius. Taigi kambro kolektoriai pagal savo savybes yra gana kintantys: poringumas kinta nuo 15 iki 3–4 %, skvarbumas – nuo 1 000 milidarsi (skvarbumas mūsų naftos telkinių sąlygomis, galintis užtikrinti kelių šimtų m^3 naftos gavybą per parą) iki praktiškai nelaidžių (7 pav.). Toks rezervuaro nevienodumas turi įtakos ir išteklių kiekiui, ir gavybos rentabilumui. Naftos ir dujų gavyba Lietuvoje vyksta iš kambro naftos telkinių. Geologai E. Kadūnienė, L. Laškova, O. Zdanevičiūtė molingas kambro uolienas priskiria prie naftą kūrusių darinių.

Kad tradiciniai angliavandeniliai sudarytų sankaupas arba telkinius, būtina ir kita sąlyga – nelaidžios dangos. Tokį vaidmenį kambro telkiniuose dažniausiai atlieka apie 100 m storio kompaktiškos, karbonatinės,



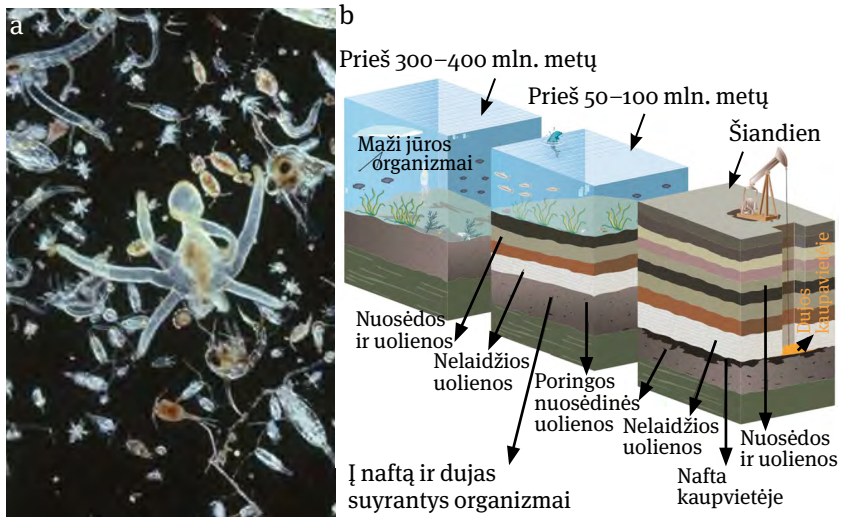
7 pav. Vilkyčių-15 gręžinys: a – poringas ir laidus smiltainis Cm_2 , dm 1 951,21 m, b – puse metro gyliau, 1 951,75 m gylyje, labai kompaktiškas smiltainis (UAB „Minijos nafta“ duomenys).

dažniausiai molingos ordoviko uolienos. Papildomą dangą sudaro karbonatinės molingos silūro uolienos, argilitas, skalūnai. Vakarų Lietuvoje jos siekia iki 800 m storio.

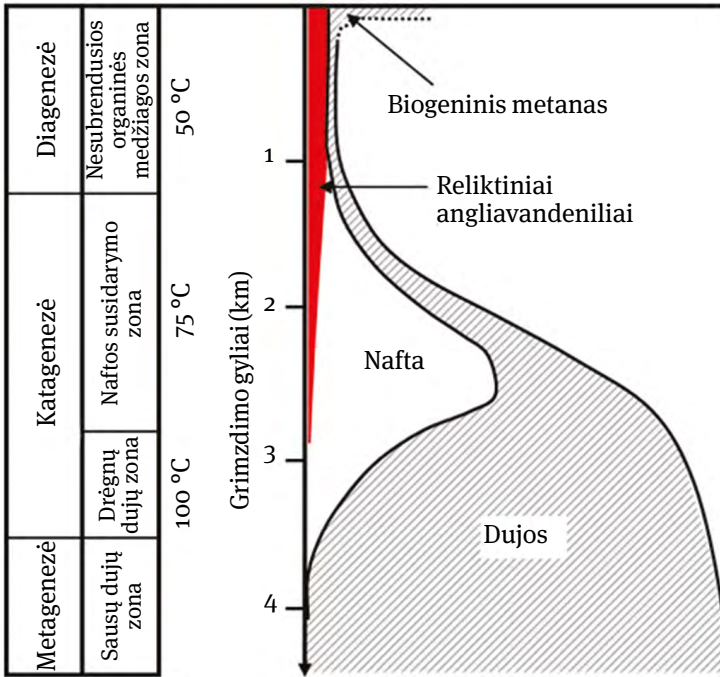
Tektoninis regiono vystymasis yra svarbus angliavandenilių perspektyvumo veiksnys. Pirma, kad organinė medžiaga transformuotųsi į skystus, o vėliau ir dujinius angliavandenilius, kitaip tariant, kistų į naftą ir dujas, būtina ne tik organinės medžiagos turtinga paviršinė aplinka, bet ir greitas jos palaidojimas aerobinėje aplinkoje. Tai vyksta, kai teritorija greitai grimzta ir konservuojasi nuosėdos, galinčios kaupti naftą ir dujas. Antra – tektoniniai judesiai lemia tradicinių angliavandenilių migracijos kryptis ir kelius. Trečia – šie judesiai formuoja uždaras kaupimosi vietas, kuriose nafta ir dujos „laukia“, kol žmogus juos atras, išgaus ir panaudos (8 pav.).

Pagrindinė sąlyga – organinių medžiagų turtingos nuosėdos turi būti greitai palaidotos gelmėse (8 pav.), kur yra aukšta 70–100 °C temperatūra, kad ten virstų į skystus angliavandenilius – naftą, o esant aukštesnei temperatūrai – į dujas (9 pav.). Mirusi organika skaidosi, kol tampa nafta, dujomis arba anglimi (10 pav.).

Lietuvos geologijos institute naftos ir dujų generacijos procesus tyrė E. Kadūnienė, P. Lapinskas, L. Laškova, E. Laškovas, O. Zdanavičiūtė ir kt. Šių tyrimų rezultatai apibendrinti monografijoje „Lietuvos ir Pietryčių Baltijos naftos geologija“ (Zdanavičiūtė, 2001). Teigiama, kad pagrindinei naftos generacijos fazei tinkamos sąlygos kambro uolienose galėjo susidaryti joms nugrimzdus į 1 800 m, ordoviko uolienose – į 1–800 1 700 m, o silūro – į 1 550 m gylį.



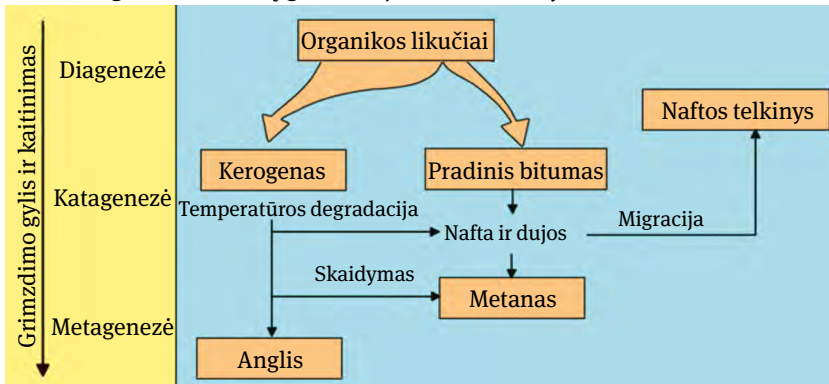
8 pav. Nuo planktono (a) iki naftos ir dujų (b)
(Oil & Gas Industry, 2022).



Diagenezė – nuosėdų virsmas uoliena;
 Katagenezė – vėlesni uolienos pokyčiai;
 Metagenezė – tolesni uolienos pokyčiai

9 pav. Angliavandenilių generacija esant tam tikram gyliui ir temperatūrai (Cambrian Group, 1999).

Angliavandenilių generacijos ir išsiskaidymo mechanizmas



10 pav. Organikos virsmas į naftą, dujas, anglį (Borazjani et al., 2019).

E. Kadūnienė (1996) organinės medžiagos kiekį naftą generuojančiose uolienose nustatė pagal atskiras sistemas, priklausomai nuo C_{org} kiekio

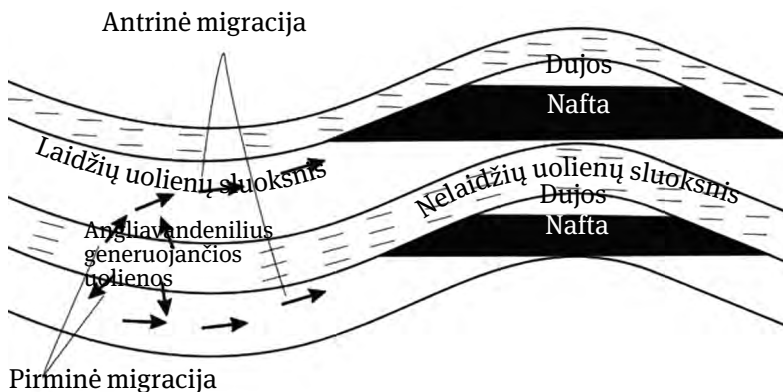
ir uolienu storio. Šie skaičiavimai rodo, kad kambro periodo molingose uolienose – argilite ir aleurolite – organinės medžiagos yra nuo 0,4 iki 1,5 mln. tonų 1 km^2 plote. Ordoviko periodo argilite taip pat yra organinių medžiagų, tačiau dėl mažo storio jų yra mažiau – 0,5 mln. t/ km^2 . Silūro periodo graptolitiniai skalūnai, argilitas, juodasis mergelis turi ypač daug organinių medžiagų, uolienu pavyzdžiuose galima matyti graptolito ir kitų to laikotarpio jūros gyventojų likučių. Jos kiekis didėja einant vakarų kryptimi nuo 3,6 iki 63,6 mln. t/ km^2 .

Išskiriama pirminė angliavandenilių migracija, kai angliavandeniliai kartu su sedimentaciniu vandeniu išstumiami iš pirminių nuosėdų į laidžius sluoksnius – kolektorius. Tai vyksta diagenezės – nuosėdų virsmo uolienas – metu. Pakliuvę į kolektorių angliavandeniliai, būdami lengvesni už vandenį, migruoja lateraliai pagal sluoksnių pakilimą. Tektoniniai lūžiai ar didesnis vandensparų pralaidumas sudaro prielaidas vertikaliai migracijai. Antrinės migracijos metu yra užpildomos kaupimosi vietos, kuriose ir atsiranda jų telkiniai (11 pav.).

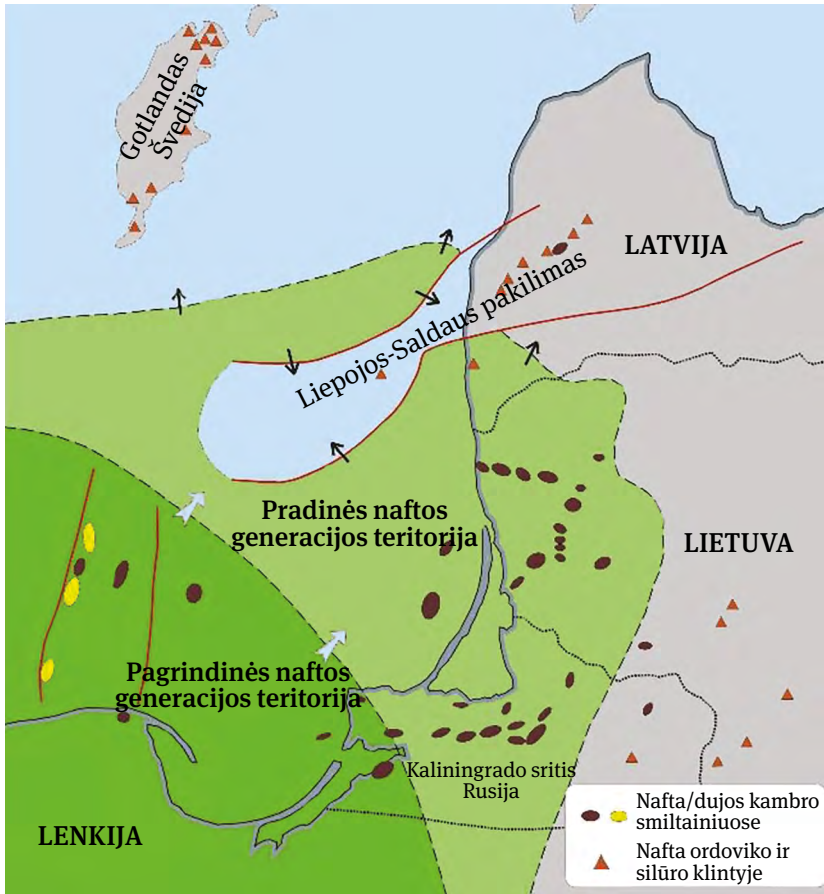
Yra ir tretinė migracija, kai dėl tektoninių veiksnių – lūžių formavimosi ar lėtų judesių – keičiasi kaupimosi vietų struktūra arba dėl difuzijos pro nesandarią dangą dalis angliavandenilių pereina į kitus rezervuarus ir ten formuoja naujas sankaupas arba išsisklaido, nesudarydami telkinių.

Silūro sistemos organinė medžiaga yra pagrindinis naftos šaltinis Baltijos sineklizėje. Dujų telkiniai rasti pietinėje Baltijos jūros dalyje Lenkijos ekonominėje zonoje (12 pav.).

Į kambro rezervuarą angliavandeniliai iš silūro galėjo patekti pro plyšius ir didesnių lūžių sistemas, kai nuleistame bloke naftos motininės silūro uolienos atsirėmė į trapias arba turinčias plyšių kambro ir/ar kristalinio



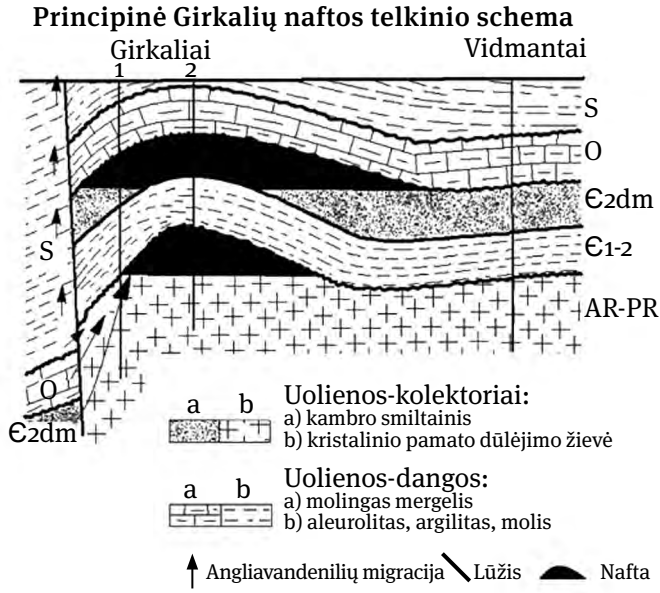
11 pav. Pirminė ir antrinė migracija (Borazjani et al., 2019).



12 pav. Angliavandenilių generacijos zonos ir migracijos kryptys (Latvia petroleum potential, 2005).

pamato uolienas. Tokios vertikalios migracijos pavyzdys gali būti Telšių lūžis, kurio nustatyta amplitudė siekia beveik 300 m (13 pav.).

Tokios lūžių sistemos tikriausiai egzistuoja pietinėje sineklizės dalyje. Artėjant prie Teiserio-Tornkvisto linijos tokių zonų yra ne viena (4 pav.). Apie migracijos kelius ir mastus nelengva kalbėti, bet minėtoje monografijoje (Zdanavičiūtė, 2001) nurodoma, kad migracijos nuotolis horizontalia kryptimi gali būti 8–10 km, kartais – iki 80 km, vertikalioji – iki 1 200 m ir daugiau. Kitų geologų nuomone, migracijos atstumas gali būti gerokai didesnis ir priklauso nuo jos mechanizmo. Veikiant hidrodinaminėms jėgoms, migracija gali būti 0,1–100 m/metus, vykstant uolienu sutankinimui – 0,001–1 m/metus, vykstant difuzijai – 1–10 m per milijoną metų (žr. Matthews, 1999). Turint omenyje, kad kaledoninio komplekso



13 pav. Girkalių naftos telkinys, galimas naftos migracijos kelias iš kambro, ordoviko ir silūro į kristalinio pamato ir kambro rezervuarus (Vaičeliūnas, 1995).

pabaigoje jau egzistavo kaupimosi vietos kambro horizonte (žr. Stirpeika, 1999; Zdanavičiūtė, 2001), angliavandenilių imigracijos (ir reemigracijos) trukmė yra apie 400 mln. metų, o migracijos masteliai gali būti nuo 0,4 km iki 40 mln. km.

Žinios apie angliavandenilius Lietuvoje, įskaitant ir Baltijos jūros ekonominę zoną, leidžia konstatuoti, kad Baltijos sineklizėje buvo sąlygos naftai, o pietinėje dalyje, prie Teiserio-Tornkvisto linijos, – ir dujoms susidaryti.

1. Pagrindinis naftos generacijos šaltinis yra tamsios spalvos molingos apatinio silūro nuosėdos. Papildomi naftos šaltiniai – kambro ir ordoviko organinė medžiaga praturtinti dariniai.

2. Pagrindinis horizontas, kuriame yra ir gali būti atrasti papildomi tradiciniai angliavandenilių (naftos) telkiniai, yra kambro smiltainis. Pagrindinis potencialas – Baltijos jūra. Reikšmingi naftos išteklių yra atrastuose telkiniuose žemiau VNK (priimtų skaičiavimo kontūrų) ir gali būti išgauti specialiais (tretiniais) gavybos metodais. Gavybos perspektyvos gali būti siejamos su ordoviko ir silūro uolienomis.

3. Netradiciniams (išskaidytiems) angliavandeniliams išgauti perspektyviausios yra apatinio silūro skalūninės uolienos Pietvakarių Lietuvoje.

Kambro naftos telkiniai

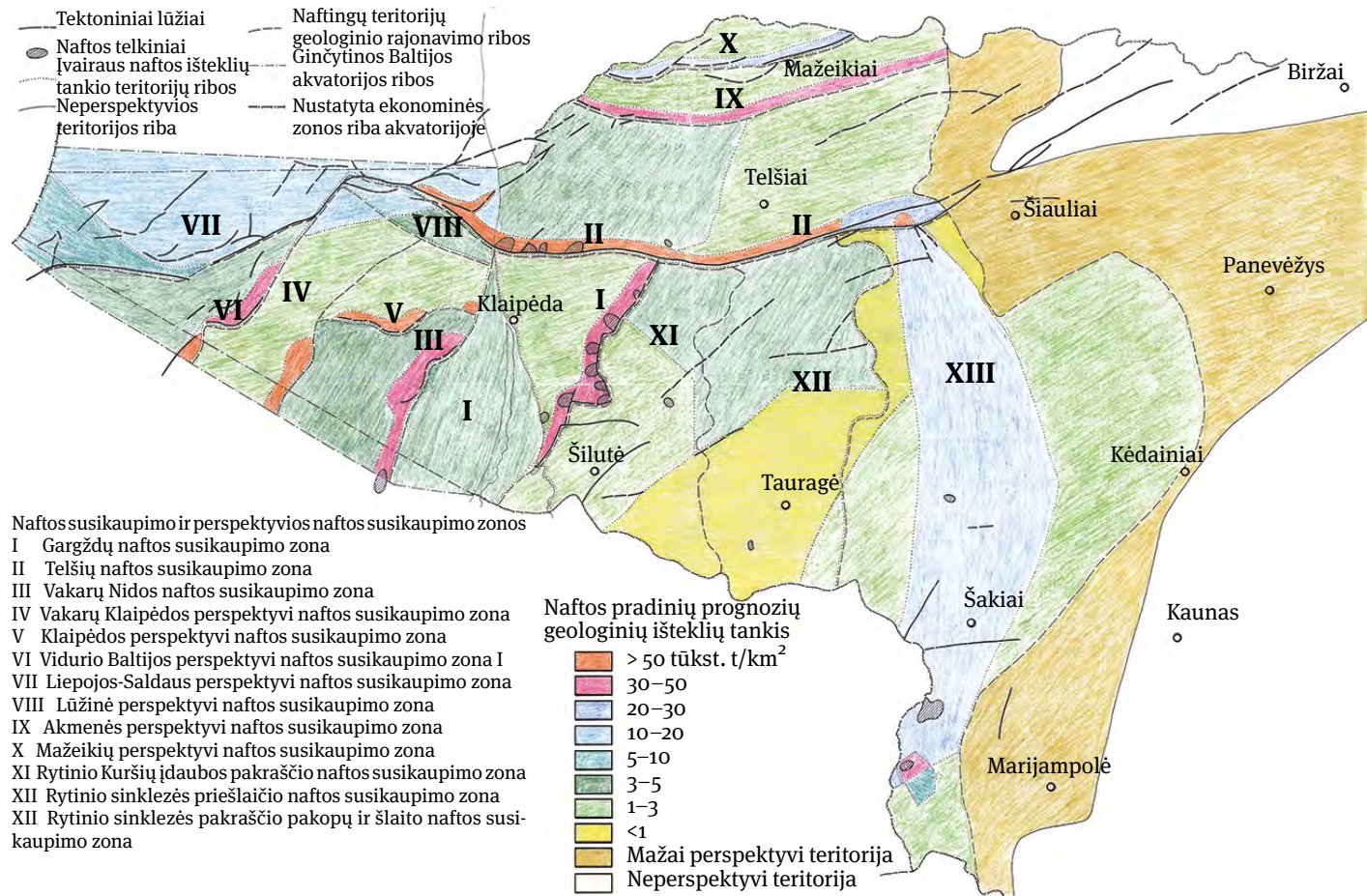
Kambro smiltainyje (14 pav.) nafta yra nustatyta nuo D5-1 gręžinio Baltijos jūroje (30 km į vakarus nuo Juodkrantės) iki Šlapgirių gręžinio Kuršų kaime (Užvenčio sen., Kelmės r.), nuo Salantų šiaurėje iki Lauksargių sankaupos (Lauksargių sen., Tauragės r.). Visa teritorija į vakarus nuo 23° dienovidinio (rytų ilgumos, maždaug Tryškiai–Užventis–Kryžkalis linija) ir (atsižvelgiant į kaimyninių šalių – Rusijos, Lenkijos – gautus rezultatus) visa Lietuvos ekonominė zona Baltijos jūroje turi naftos išteklių (6 pav.).

Angliavandenilių ištekliai Lietuvoje buvo įvertinti 1996 m. (žr. Laškovas, 1996). Remiantis šio vertinimo duomenimis, prognoziniai geologiniai naftos ištekliai kambro naftingo komplekso Deimenos serijoje sudaro 127,5 mln. t, iš jų sausumoje – 57,8 mln. t, akvatorijoje – 69,7 mln. t. Žinoma, šių dienų tyrimai rodo, kad tokie skaičiai gali būti pakoreguoti. Beveik 60 mln. tonų sausumoje yra realistinis, bet gal šiek tiek optimistinis skaičius, akvatorijoje maždaug 70 mln. t – tikrai per mažas. Visai šalia mūsų ekonominės zonos pietinės ribos surasti telkiniai, kurių pradiniai išgaunami naftos ištekliai D₆ – 10 mln. t ir D₃₃ – 21,2 mln. t, truputį piečiau D₆ (Južnoje) – 3,01 mln. t, D₂₉ – 2,1 mln. t ir D₄₁ – 2 mln. t. Šių telkinių ištekliai sudaro apie 40 mln. t. Geologiniai ištekliai yra bent du kartus didesni, taigi turėtų būti apie 80 mln. tonų. Panašaus dydžio telkinių ir naftos išteklių galima tikėtis Lietuvos Baltijos jūros šelfe.

Dėl tektoninio teritorijos vystymosi gelmėse turime susiformavusius stambius teigiamus struktūrinius elementus. Vieni jų – Akmenės (IX) (romėniški skaičiai rodo struktūros numerį) (15 pav.), Mažeikių (X), Telšių (II)



14 pav. Naftingas kambro smiltainis Pietų Šiūparių-2A1 gręžinyje (atšaka). Pėžaičių k., Klaipėdos r. I. Vaičeliūno nuotr.



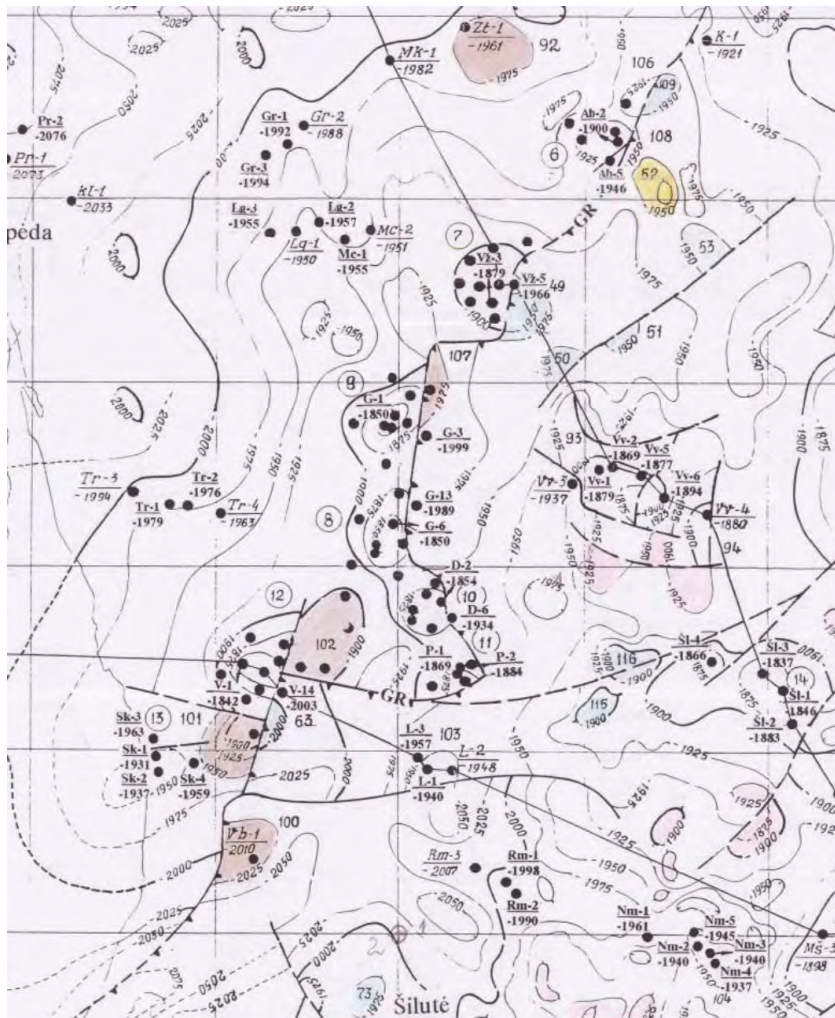
15 pav. Pradinių naftos išteklių kambro, ordoviko ir silūro kompleksuose prognozės žemėlapis (Laškovas, 1996).

pakopos tęsiasi rytų–vakarų kryptimi, kiti turi šiaurės rytų–pietvakarių tąsą. Sausumoje tai yra Gargždų (I), jūroje – Vakarų Nidos (III), Vakarų Klaipėdos (IV), Klaipėdos antroji (V) ir Vidurio Baltijos pirmoji (VI) pakopos (15 pav.). Šios didelės struktūros jungia atskiras vietines struktūras, kurios yra palankios angliavandeniliams kauptis. Sausumoje turime dvi

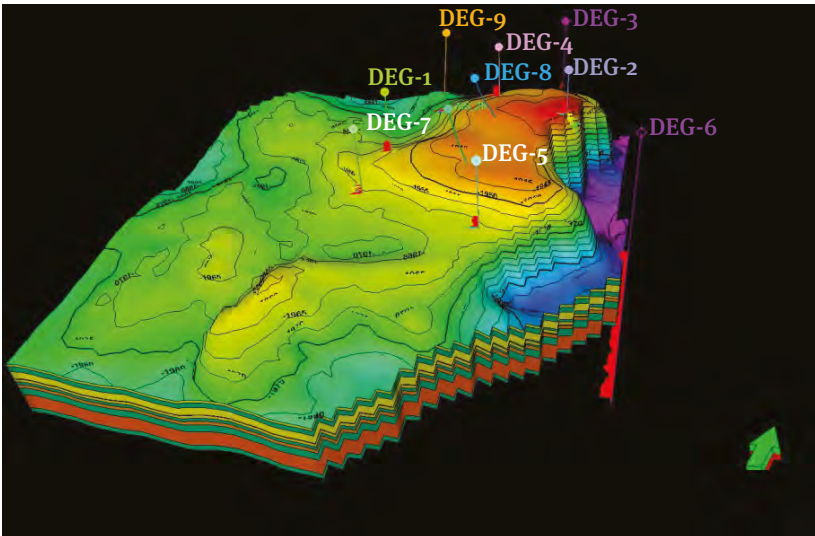
tokias pakopas, kuriose kambro rezervuare jau rasti pagrindiniai naftos telkiniai.

Gargždų pakopoje (I) (dažnai vadinama Gargždų pakilimų zona) iš šiaurės rytų į pietvakarius yra Ablingos, Vėžaičių, Šiūparių, Agluonėnų, Pietų Šiūparių, Dieglių, Pocių, Vilkyčių ir Sakučių naftos telkiniai (16 pav.). Ši naftinga zona iš rytų yra ribojama sudėtingos konfigūracijos lūžių sistemos, kurios bendra amplitudė iki 100 m. Kiekvienas telkinys turi savo ypatumus, o bendrą vaizdą parodo Dieglių naftos telkinys (17 pav.).

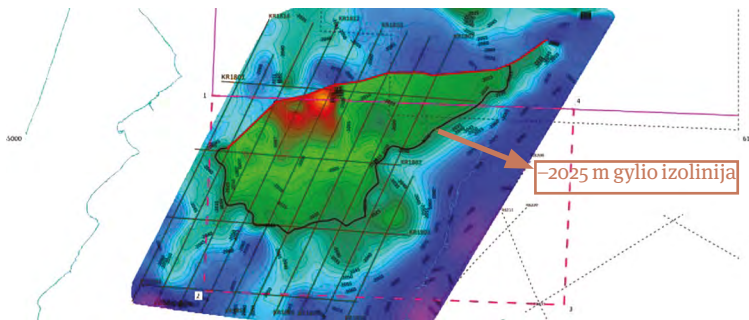
Į šią zoną reikia įtraukti pietinėje jos dalyje esančią 2D ir 3D seisminiais darbais išsamiai ištirtą Kintų struktūrą (18 pav.), kurios vertinami geologiniai išteklių siekia 4,5 mln. m³, o išgaunami – apie 1,5 mln. m³.



16 pav. Gargždų (pakopos) pakilimų zona (Laškovas, 1996).



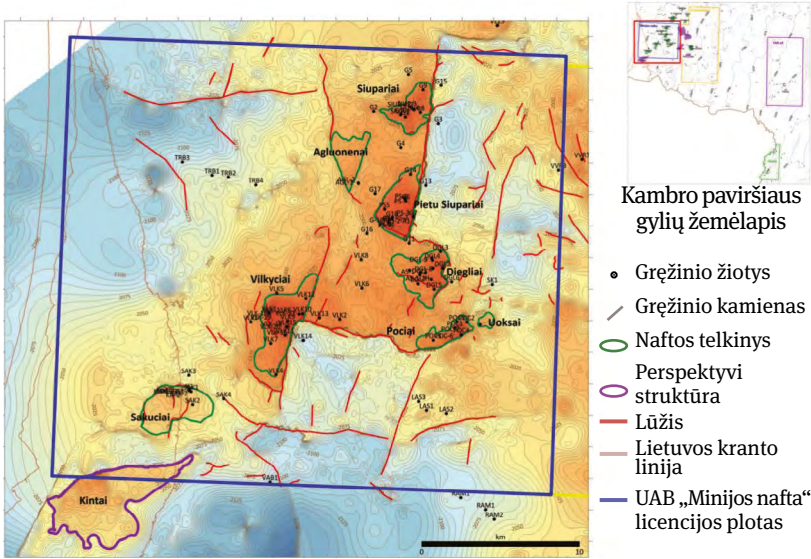
17 pav. Dieglių naftos telkinys: kambro rezervuaro kraigas pagal trijų dimensijų (3D) seisminius ir gręžimo rezultatus (UAB „Minijos nafta“ duomenys).



18 pav. Paieškos gręžimui paruošta Kintų struktūra (UAB „Minijos nafta“ duomenys).

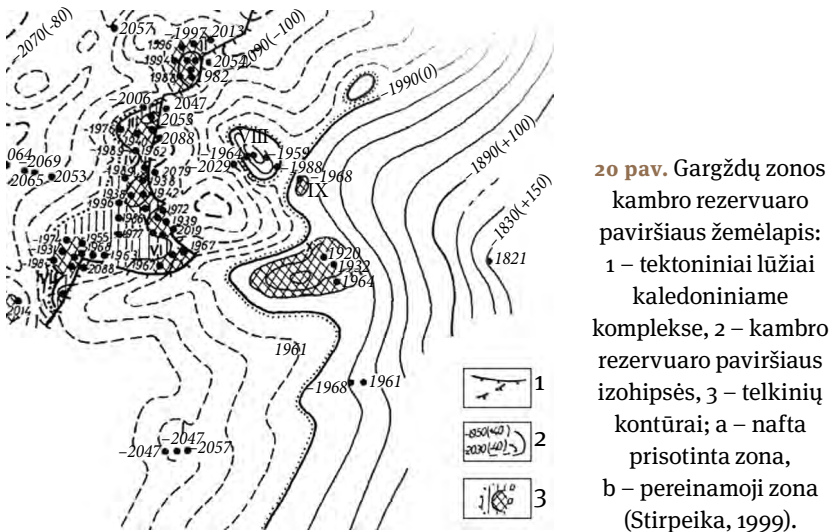
Dalis Gargždų zonos telkinių pagal Vyriausybės suteiktą leidimą priklauso UAB „Manifoldas“ (Vėžaičiai, Ablinga). Didžiąją – pietinę – dalį pagal Gargždų licencijos sutartį naudoja UAB „Minijos nafta“ (19 pav.).

Jau pirmuose paieškų gręžiniuose centrinėje Gargždų zonos dalyje (Šiūparių, Pietų Šiūparių, Dieglių, Pocių ir Vilkyčių telkiniuose) susidurta su vandens ir naftos kontakto nustatymo problema. Viršutinėje struktūrų dalyje rezervuaro prisotinimas nafta siekia apie 70 %. Iš tų intervalų gaunama bevandenė nafta, giliau – iki 50 m – tęsiasi zona su mažesniu 50–30 % netolygiu naftos prisotinimu. Šitą



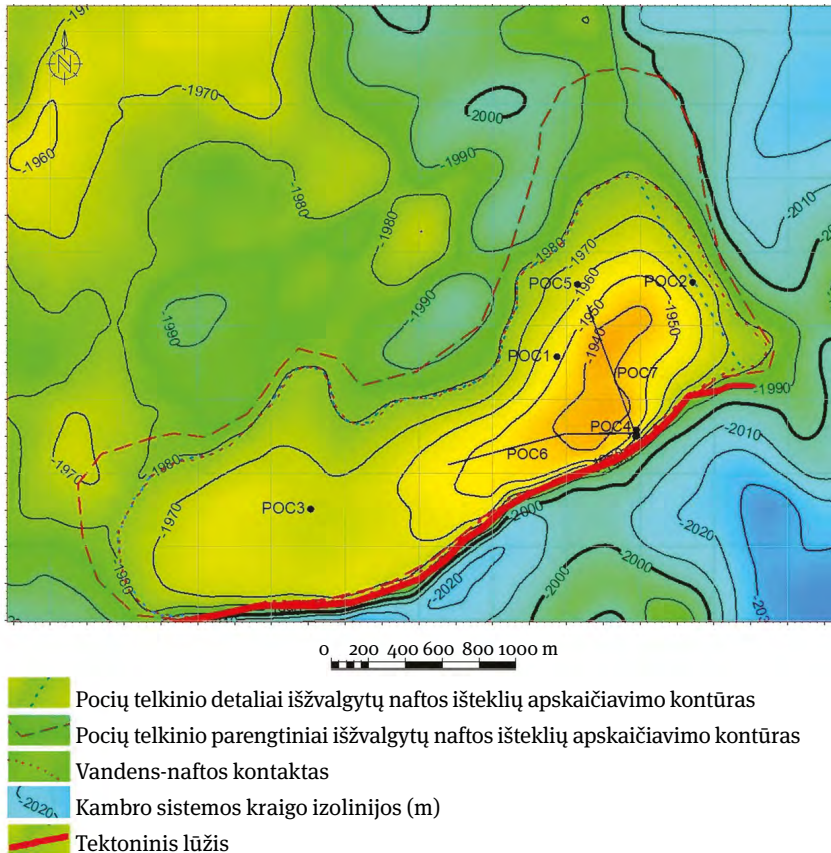
19 pav. Gargždų pakiluma, mėlyna linija žymi „Minijos naftos“ licencijos plotą.

situaciją išsamiai išnagrinėjo dr. Algirdas Stirpeika. Savo monografijoje (žr. Stirpeika, 1999), remdamasis paleorekonstrukcijomis, jis konstatavo, kad viršutinio paleozojaus–mezozojaus laiku egzistavo paleorezervuaras ir su juo susijęs bendras didelis naftos telkinys, jungiantis paminėtus telkinius su vandens-naftos kontaktu (VNK) 2 000 m gylyje (20 pav.).



Pereinamojoje zonoje, nors ir esant mažesniai kolektorių prisotinimui nafta, dėl didelio šios zonos kolektorių tūrio išryškėjo gausūs pradiniai geologiniai naftos ištekliai. Iki šiol pereinamojoje zonoje esantys naftos ištekliai būdavo ignoruojami. UAB „Minijos nafta“ vertino naftos kiekius, kurie gali būti žemiau priimtų išteklių apskaičiavimo kontūrų Pocių ir Dieglių telkiniuose. Tie ištekliai yra įvertinti tam skirtose ataskaitose. Pereinamosios zonos ištekliams suteiktas parengtiniai išžvalgytų, bet nenustatytos vertės išteklių statusas (identifikavimo kodas 332).

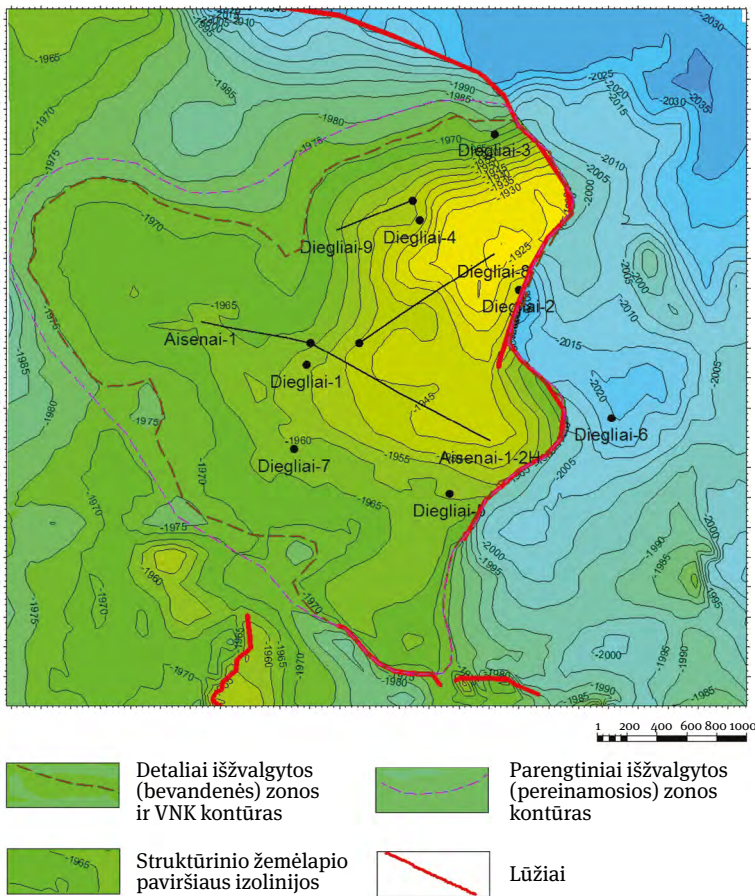
Pocių pagrindinis telkinys iki sąlyginio vandens-naftos kontakto 1 980 m gylyje pradinių geologinių naftos išteklių turi 714 000 m³, išgaminamųjų – 214 000 m³, o pereinamoji zona 1 980–2 005 m intervale turi daugiau kaip 1 047 000 m³ geologinių išteklių (21 pav.).



21 pav. Pocių naftos telkinys. Kambro rezervuaro paviršiaus žemėlapis. Pagrindinio telkinio kontūrą žymi taškuota linija, pereinamosios zonos, sąlyginai priskiriamos Pocių telkiniui, kontūrą – punktyrinė linija (Pocių naftos telkinio išteklių perskaičiavimo ataskaita. Ištekliai perskaičiuoti pagal 2013 m. sausio 1 d. būklę, Gargždai 2013; UAB „Minijos nafta“ duomenys).

Taikant pirminius ir antrinius išgavimo būdus, tikėtina, kad gali būti išgauta apie 0,5 % geologinių išteklių, t. y. 5 000 m³ naftos. Kad būtų išgautas didesnis ir rentabilus šių išteklių kiekis, turi būti taikomi sudėtingesni – tretiniai – gavybos būdai.

2014 01 01 buvo perskaičiuoti Dieglių telkinio naftos ištekliai. Pagrindinis telkinys iki sąlyginio vandens-naftos kontakto 1 975 m gylyje: detaliai išžvalgyti pradiniai geologiniai naftos ištekliai – 1 389 000 m³, išgaunamieji – 361 000 m³; pereinamosios zonos intervalas – 1 975–2 005 m, priskirtina Dieglių telkiniui, parengtiniai išžvalgyti pradiniai geologiniai ištekliai sudaro 5 614 000 m³, tikėtinas išgavimo koeficientas – 0,005, išgaunami ištekliai – 28 000 m³ (22 pav.). Čia reikia ir sudėtingesnių tretinių gavybos būdų.



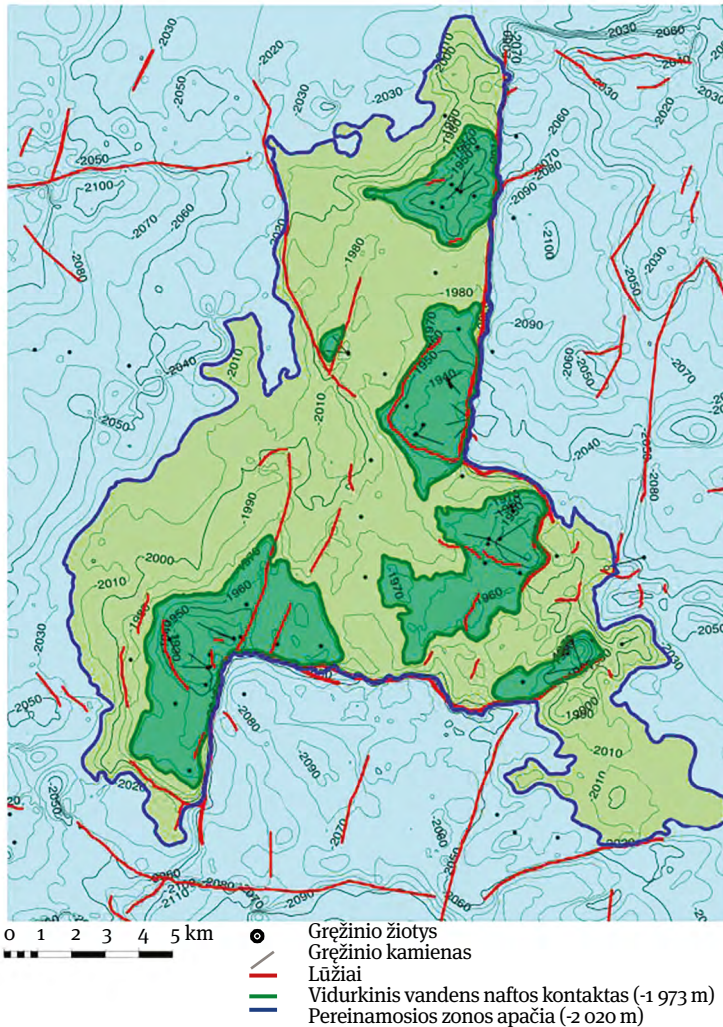
22 pav. Dieglių naftos telkinys. Kambro rezervuaro paviršiaus žemėlapis.

Pažymėti pagrindinio telkinio ir pereinamosios zonos, sąlyginai priskiriamos Dieglių telkiniui, kontūrai (Dieglių naftos telkinio išteklių perskaičiavimo ataskaita. Ištekliai perskaičiuoti pagal 2014 m. sausio 1 d. būklę, Gargždai, 2014; UAB „Minijos nafta“ duomenys).

Analizuodama senuosius ir naujus duomenis, UAB „Minijos nafta“ 2018 m. vertino naftos potencialą A. Stirpeikos išskirtoje pereinamojoje zonoje, t. y. teritorijoje, kurioje yra Šiūparių, Agluonėnų, Pietų Šiūparių, Dieglių, Pocių ir Vilkyčių naftos telkiniai (23 pav.).

Tamsiai žali plotai – tai pagrindiniai naftos ištekliai, esantys aukščiau VNK – 1 973 m nustatyto gylio vidurkio. Jų bendras plotas yra 51 km². Šviesiai žaliai pažymėtas naftos laukas pereinamosios zonos 1 973–2 020 m intervale; jo plotas – 250 km². Tikėtina, kad pagrindinės naftos susikaupimo zonos

Rezervuaro paviršiaus gyliai



23 pav. Gargždų pakilumų zonas kambro paviršiaus žemėlapis pagal 3D seiminius darbus ir grėžimo rezultatus, 2018 m. (UAB „Minijos nafta“ duomenys).

visuose telkiniuose aukščiau nustatyto VNK absoliutaus gylio vidurkis yra 12,7 mln. m³ naftos, o 1 973–2 020 m intervale – 125,6 mln. m³ naftos. Šis kambro rezervuare esantis laukas iki gavybos pradžios galbūt turi apie 138 mln. m³ naftos.

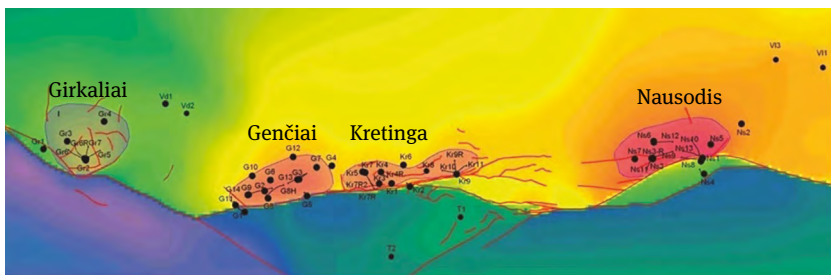
Telšių pakopa (kyšulys – pagal Suveizdis, 2003), arba Telšių volas, yra labiausiai kambro paviršiaus reljefe išreikšta struktūra Lietuvoje. Sausumoje nuo Nemirsetos link Kuršėnų jis beveik tiesia linija tęsiasi daugiau nei 100 km, jo plotis – 10–20 km. Telšių lūžių sistemos kambro paviršius kyla aukštyn 300 m vakaruose ir apie 100 m rytuose. Vakarinėje volo dalyje yra eksploatuojami Girkalių, Genčių, Kretingos ir Nausodžio telkiniai. Labiau į rytus Plungės gręžiniuose rasta sunkiosios naftos. Oksiduotos naftos požymiai nustatyti Syderių-1 gręžinyje, esančiame už 10 km į pietryčius nuo Telšių (24 pav.). Eksploatuojami Telšių volo telkiniai parodyti 25 paveiksle.

Genčių naftos telkinys yra didžiausias Lietuvoje. Jo pradiniai išžvalgyti geologiniai naftos išteklių sudaro 3,677 mln. m³, išgaunami – 1,563 mln. m³. Šio telkinio sandara yra paremta seisminiais ir gręžinių duomenimis (26 pav.) bei geologiniais pjūviais išilgai ir skersai telkinio (27, 28 pav.). Matome didelę litologinę ir rezervuaro savybių kaitą.

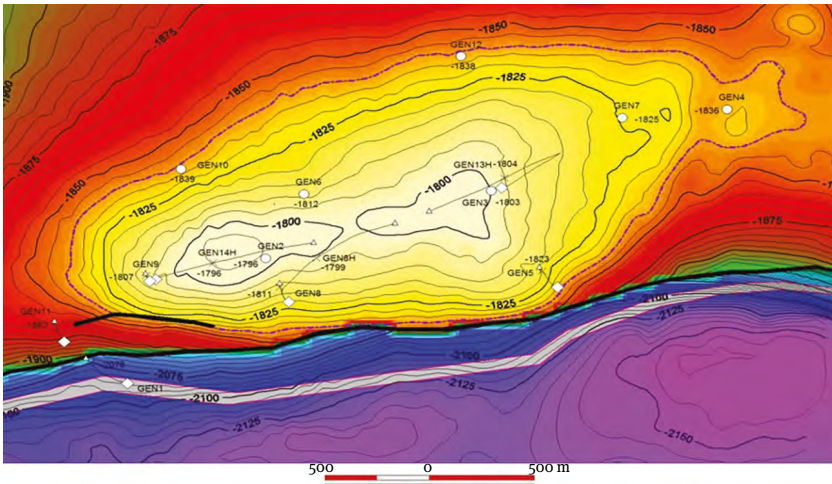
Savo struktūra yra įdomus vakarinis Girkalių naftos telkinys, kurio dalis yra po Palangos miestu. Jo išskirtinė savybė ta, kad pagrindinė naftos sanakaupa, kaip ir kituose telkiniuose, yra vidurinio kambro Deimenos smiltainyje. Dangą sudaro ordoviko–silūro karbonatinės molingos uolienos. 80 m storio apatinio kambro molingos uolienos žemiau esančiuose kolektoriuose – kristalinio pamato dūlėjimo plutoje bei plyšiuotose kristalinėse uolienose – formuoja kitą gaudyklę, kurioje yra atskira naftos



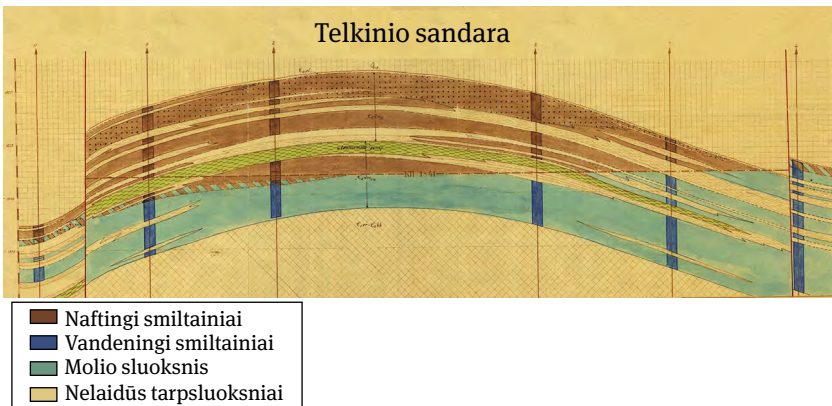
24 pav. Telšių (pakopos) volo zona. Iškarpa (Laškovas, 1996).



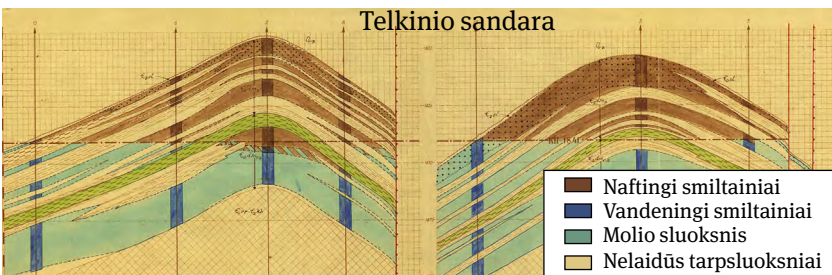
25 pav. Naftos telkiniai Telšių vole (AB „LOTOS Geonafta“ duomenys).



26 pav. Genčių naftos telkinio naftingo rezervuaro paviršius (AB „LOTOS Geonafta“ duomenys).



27 pav. Genčių naftos telkinio sandara, kambro rezervuaro pjūvis išilgai struktūros. Sudarė A. Stirpeika, 1990 m. (Asmeninis I. Vaičieliūno archyvas).



28 pav. Genčių naftos telkinio sandara, kambro rezervuaro pjūviai skersai struktūros. Sudarė A. Stirpeika, 1990 m. (Asmeninis I. Vaičieliūno archyvas).

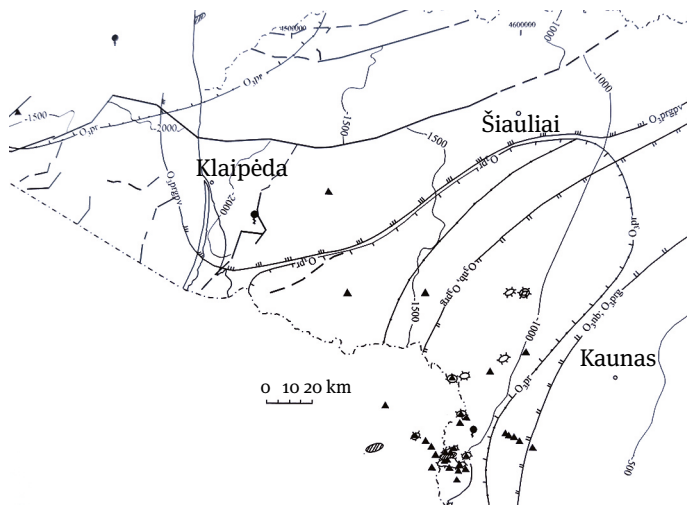
sankaupa (13 pav.). Be šių pagrindinių naftos susikaupimo zonų, rasti nedideli Šilalės, Auksoro, Lyžių telkiniai Rietavo įdauboje, plytinčioje į rytus nuo Gargždų pakilumų zonos, ir Lauksargių-Tauragės iškilime.

Ordoviko perspektyvus naftos kompleksas

Naftos paieškos Lietuvoje buvo pradėtos dar 1958 m. Suvalkijoje – Kybartų, Virbalio apylinkėse. 1960 m. iš ordoviko klinties Virbalio-5 gręžinyje gauti pirmieji naftos lašai. Apie 10 metų (iki 1968 m.) ordoviko klintis buvo pagrindinis paieškos objektas. 1968 m. birželio mėn. Gargždų-1 gręžinyje pastebėjus naftos pritekėjimą, jos paieškos buvo nukreiptos į kambro rezervuarą.

Ordoviko klintyje dažnai pastebimi naftos požymiai. Jų aptikta ne tik Tauragės iškilime, bet ir Karaliaučiaus krašte (dabartinėje Kaliningrado srityje), Latvijoje, Baltijos jūros šelfe (29 pav.). Būtina paminėti ordoviko specialistą dr. J. Laškovą, pagrindinį naftos perspektyvų šioje sistemoje tyrėją.

Deja, Lietuvoje ordoviko amžiaus uolienose nerasta nė vieno naftos telkinio. Pagrindinė priežastis – nėra tinkamo poringo ir laidaus rezervuaro, kuriame galėtų būti susitelkę ekonomiškai naudingi naftos kiekiai. Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatymo 26-as punktą nurodo: „Žemės gelmių išteklių telkinys – tiesioginiu žemės gelmių tyrimu nustatytose ribose esančių naudingųjų iškasenų, kurių kiekis ir kokybė yra iširti ir kurių išgavimas yra ar gali būti ateityje ekonomiškai naudingas, sankaupa“ (ŽGI, 2023).



29 pav. Lietuvos ordoviko naftingo komplekso neantiklinalinių ir mišrių kaupviečių zonų išplitimo žemėlapis (trikampiai, šaltinėliai rodo vietas, kur ordoviko uolienose rasti naftos požymiai) (Laškovas, 2004).



30 pav. Kybartų „naftos“ telkinys. Juoda ir raudona linijos apibrėžia „naftingus plotus“ (Клишис, 1966).

Ne bet kuri naudingųjų iškasenų sandauga yra telkinys. Įstatymas numato dvi esmines sąlygas: pirma – tiesioginiais tyrimais nustatytos ribos, kiekis ir kokybė, antra – išgavimas yra ekonomiškai naudingas. Jeigu nėra akivaizdžios ekonominės naudos išgauti iškasenas iš sandaugos dabar arba ateityje, telkinys nefiksuoja.

Dažnai minimas Kybartų naftos telkinys yra tik įsivaizduojamas noras, bet ne faktas: maksimalus naftos debitas – 16 litrų per parą, o sandaugų ribos neparemtos jokiais geologiniais tyrimais. Naftingas plotas nurodomas ir ten, kur gręžinyje negauta jokie pritekėjimo (gręžinys Nr. 5(16) (30 pav.)).

Geologai E. Kadūnienė, J. Laškovas, O. Zdanavičiūtė juodą ordoviko argilitą taip pat nurodo kaip galimą naftos generavimo šaltinį. Ordoviko kerno detritinės klinties kavernose ir plyšiuose buvo pastebėti naftos pėdsakai, tačiau vertingų sandaugų nerasta. Gręžinio Skomantai-1 1977–1984 m intervale (vertikalus gylis) nuo žemės paviršiaus (O_3 vr) yra tamsus trapus argilitas, kurį perskėlus pasirodo lengva nafta (31 pav.).

Tai yra tipiški išsklaidytieji angliavandeniliai. Vykdam naujus naftos telkinių paieškos ir žvalgymo darbus, tikslinga stebėti galimas naftos apraiškas ordoviko perspektyviame horizonte. Jame gali būti taikomos išsklaidytųjų angliavandenilių žvalgymo ir gavybos metodikos, pavyzdžiui, horizontalus gręžimas, hidraulinis ardymas ir kt.

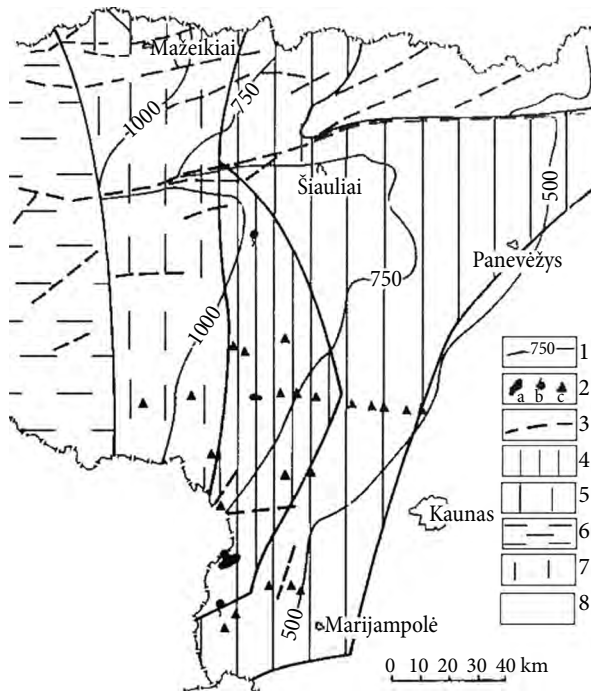


31 pav. Lengva nafta Skomantų-1 gręžinio perskeltame argilite (O_3 vr) (UAB „Minijos nafta“). I. Vaičieliūno nuotr.

Silūro kompleksas – perspektyvus naftai išgauti

Centrinėje Baltijos sineklizės dalyje, įskaitant ir Lietuvos pietvakarinę dalį, silūras laikytinas pagrindiniu naftos generacijos šaltiniu. Baltijos sineklizės rytiniame šlaite dažnai aptinkami tradicinės naftos požymiai neretai yra ryškesni negu ordovike. Tai susiję su nedideliais rifais, jų plyšiuotumu ir nuolaužinių uolienų lokaliu paplitimu. Vienas tokių sluoksnių, rastas gręžiniuose Lapgiriai-123, Lapgiriai-1 ir Tidikas-1, yra vadinamas Tolių pluoštu. Dr. P. Lapinskas daugybėje publikacijų grindė galimybę rasti daug tradicinės naftos išteklių silūro uolienose Vidurio Lietuvoje (32 pav.).

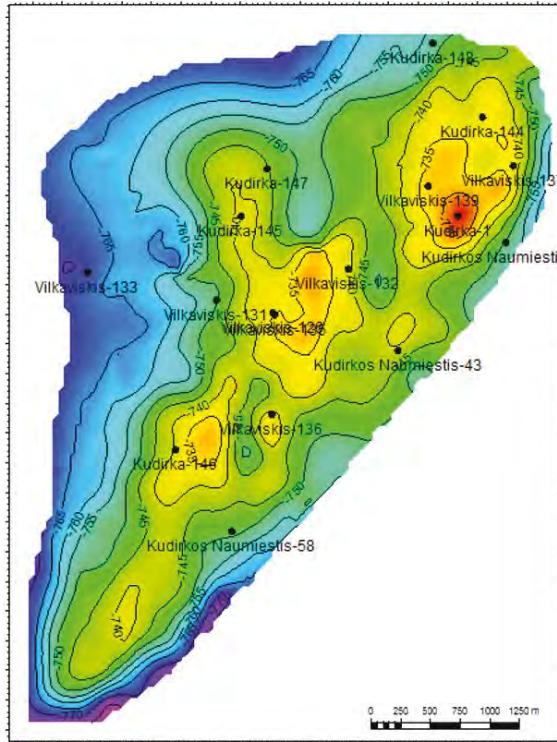
Tačiau išsamesni geologiniai tyrimai teigiamų rezultatų nedavė. Rasti nežymūs naftos pritekėjimai prie Šaukėnų (Kelmės r.), Šimkaičių (Jurbarko r.), Miestlaukio kaime (prie Kudirkos Naumiesčio, Vilkaviškio r., Kybartų sen.) ir kitur. Didžiausi naftos debitai nustatyti Vilkaviškio-135 ir Tidiko-1 gręžiniuose. Deja, ilgesni hidrodinaminiai tyrimai rodė, kad naftos debitas nesiekia $0,5 \text{ m}^3$ per parą. Nors Kudirkos rifas yra labai išreklamuo-
tas (33 pav.), jame nerasta tėtinių rezervuarų su reikiamu poringumu,



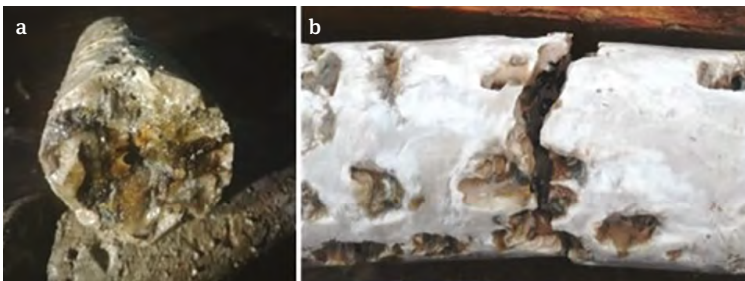
32 pav. Vidurio Lietuvos silūro naftingo komplekso perspektyvos žemėlapis: 1 – viršutinio silūro Minijos horizonto gyliai, 2a, b – naftos pritekėjimai, 2c – naftos požymiai kerne, 3 – lūžiai, 4–8 teritorijų perspektyvumas (4 – labiausiai perspektyvios, 8 – neperspektyvios) (Lapinskas, 2000).

kurie liudytų apie ekonomiškai reikšmingus išteklius ir skvarbumą, be kurio neįmanoma ekonomiškai pagrįsta gavyba.

Aukščiausioje rifo vietoje išgręžus Kudirkos-1 gręžinį buvo rasta kompaktiška klintis su atskiromis, tarpusavyje nesijungiančiomis kavernomis, užpildytomis nafta (34 pav.). Hidrodinaminių tyrimų duomenys taip pat



33 pav. Kudirkos rifo paviršiaus žemėlapis pagal gręžimo ir 3D seisminius duomenis (UAB „Diseta“ duomenys).



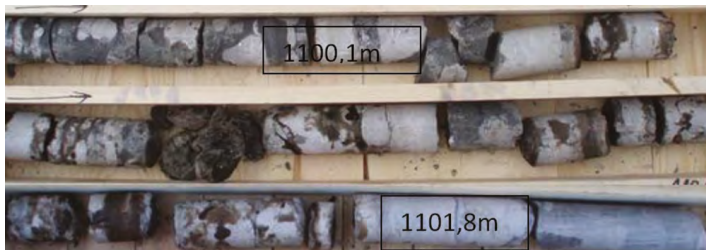
34 pav. Kudirkos-1 gręžinys: kompaktiška stromatoporinė klintis 777 m gilyje. Nafta matyti tik pakėlus kerną į paviršių (a); nuplovus skiedinį kartu nuplaunama ir nafta (b). Uoliena visiškai neskarvbi (UAB „Diseta“ duomenys). I. Vaičieliūno nuotr.



35 pav. Bandymų rezultatai Kudirkos-1 gręžinio 757,2–773,7 m intervale. Per 5 val. 15 min. gauta 9 l vandens ir naftos plėvelė (UAB „Diseta“ duomenys). I. Vaičieliūno nuotr.

nedžiugina. Nuotraukoje matyti naftos požymiai, išryškėję sluoksnių bandymų metu (35 pav.).

Šiek tiek geresni Lapgirių-1 ir Tidiko-1 gręžinių rezultatai. Lapgirių-1 gręžinio Tolių pluošto 1100,1 – 1101,8 m intervale atskiros kavernos prisotintos nafta, maždaug 1 100,4 m gylyje yra apie 10 cm poringos ir laidžios nuolaužinės klinties (36 pav.). Tidiko-1 gręžinyje rastos nafta prisotintos rifinės kilmės uolienos (37 pav.) ir giliau esantis Tolių pluoštas. Tačiau tolesni gavybos bandymai atskleidė, kad naftos debitas abiejuose gręžiniuose yra apie 0,5 m³ per parą. Taigi sankaupos nekomercinės, telkinio nėra. Silūro tradicinės naftos perspektyvos – menkos. Pagrindinė priežastis – nėra tęstinių kolektorių su tinkamomis poringumo ir skvarbumo savybėmis.



36 pav. Naftingas Tolių pluoštas Lapgirių-1 gręžinyje (UAB „TANoil“ duomenys). I. Vaičieliūno nuotr.

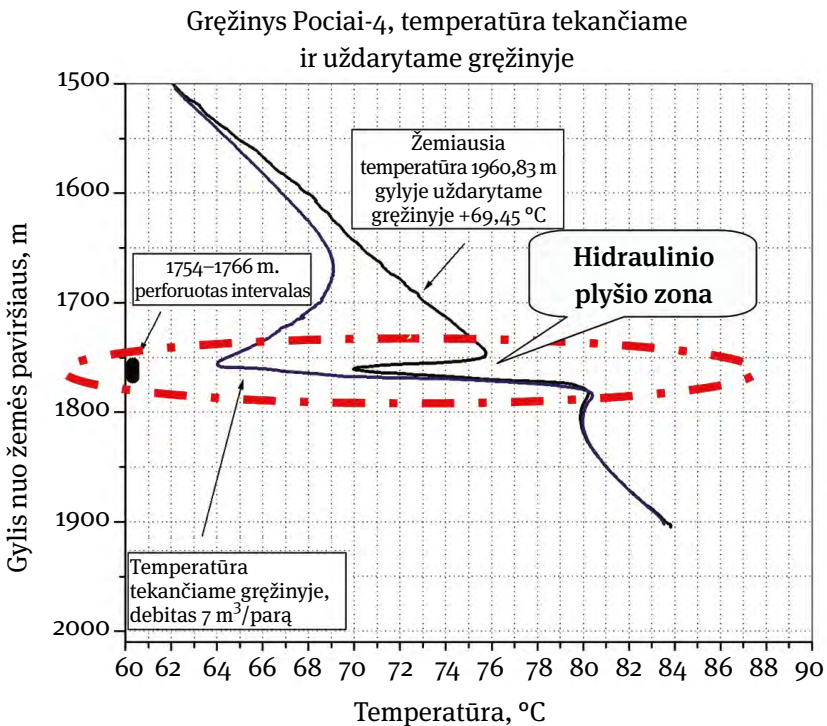
Prisotinimas nafta, didesnis poringumas ir skvarbumas, mikroplyšiai

Itin žemas poringumas ir skvarbumas



37 pav. Naftos prisotinimo, poringumo ir skvarbumo pasiskirstymas Tidiko-1 gręžinio kerno mėginyje (916,5 m gylyje). I. Vaičeliūno nuotr.

Silūro tamsus argilitas yra tinkama terpė, kurioje gali būti išsklaidytieji angliavandeniliai. UAB „Minijos nafta“ licencijos plote buvo atlikti tiksliniai tiesioginiai išsklaidytųjų angliavandenilių tyrimai. Pocių-4 ir Pietų Šiūparių-5 gręžiniuose atlikus hidraulinių uolienuų plėšymą, Birštono ir landoverio lygiuose gauti naftos pritekėjimai su degiomis dujomis.



38 pav. Dirbtinio plyšio vieta, nustatyta temperatūros matavimais. Dėl šaltesnio skysčio išsiskverbimo 1754–1766 m intervale fiksuota žemesnė temperatūra (UAB „Minijos nafta“ duomenys).

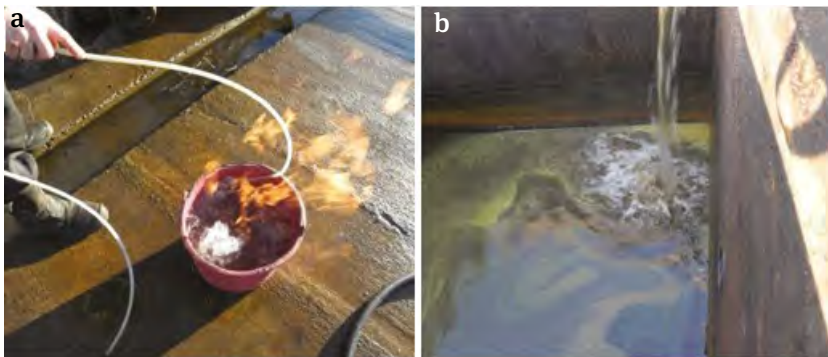


39 pav. Pocių-4 gręžinyje iš skalūnų išgautos dujos (a) ir nafta (b).
(UAB „Minijos nafta“ duomenys). I. Vaičeliūno nuotr.

Pocių-7 ir Skomantų-1 gręžinių kerne (O_3 vr) užfiksuoti aiškūs naftos požymiai. Pocių-4 gręžinyje atliktas mažos apimties hidraulinis silūro uolienų ardymas. Gautas plyšys parodytas 38 paveiksle.

Vandens lygis gręžinyje buvo pažemintas iki 1 000 m žemiau žemės paviršiaus. Skysčio lygis gręžinyje pamažu kilo, pasiekus 700 m, gręžinys praplautas kambro vandeniu. Praplovimo metu nustatyta, kad gręžinyje yra degių angliavandenilių – dujų ir naftos (išmatuota – 101,6 l). Tai pirmieji išsklaidytieji angliavandeniliai, gauti iš silūro skalūnų Lietuvoje (39 pav.).

Pietų Šiūparių-5 gręžinyje, 1–840 1 897 m intervalo apatinio silūro landoverio ir viršutinio ordoviko uolienose, kompanija „Shlumberger“ atliko didesnės apimties hidraulinį ardymą (40 pav.)



40 pav. Pietų Šiūparių-5 gręžinyje gautos degios dujos (a) ir naftos plėvelė (b)
(UAB „Minijos nafta“ duomenys). I. Vaičeliūno nuotr.

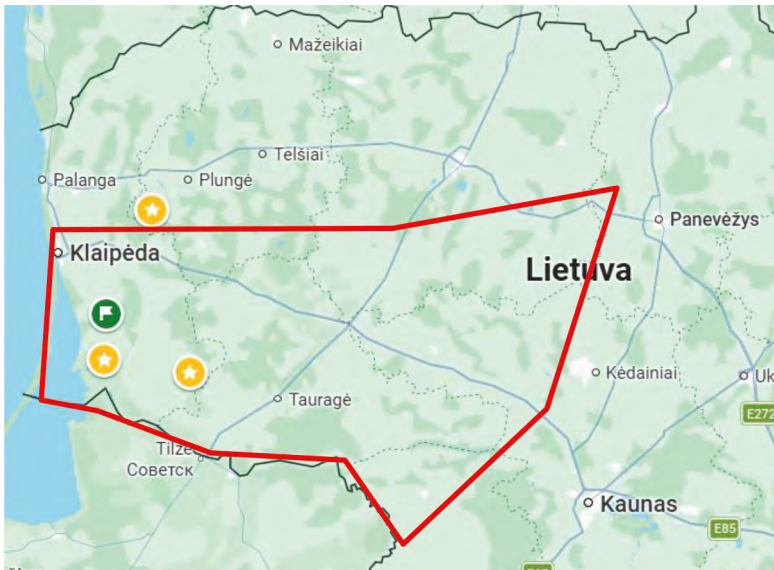
Juodi naftingi silūro skalūnai gręžinyje Pocių-7



41 pav. Lengva nafta prisotintas poringo koralo gabalas (samangyviai?) iš Pocių-7 gręžinio 1 824 m gylio (S_{1w}). I. Vaičieliūno nuotr.

Pocių-7 gręžinyje iš 1 824 m vertikalios gylio pakeltas unikalus uolienos pavyzdys – koralo gabalas (2 050,5–2 050,65 m intervale; išmatuotas gylis). Rifo fragmentas (14 × 10 × 3 cm) yra prisotintas nafta (41 pav).

Tokie tiesioginių geologinių tyrimų rezultatai ir hipotezės apie skalūnų dujų potencialą paskatino analizuoti turimus duomenis. Tam tikslui buvo parinkta teritorija piečiau Telšių lūžio, nes tiek pati Telšių lūžio zona, tiek ir šiauriau esančios platumos dislokacijos, formuojančios Akmenės, Mažeikių pakopas, yra labiau suskaldytos plyšių, galinčių palengvinti angliavandenilių migraciją iš motininių uolienų. Silūro pjūvis nuo S₁ln₂₊₃ iki S₂pg patenka į pagrindinį naftos generacijos langą apibrėžtoje tyrimų teritorijoje, kur šios uolienos slūgso 1 200 m giliau jūros lygio (42 pav.).



42 pav. Raudona linija pažymėtas plotas, kuriame UAB „Minijos nafta“ įvertino naftą generuojančių silūro uolienų potencialą.

Skalūnų naftos pradiniai geologiniai ištekliai Vakarų Lietuvoje silūro intervale buvo vertinami apytiksliai 12 tūkst. km² plote pagal turimus (tarp jų ir publikuotus) duomenis: TOC, Ro santykis su gyliu (Zdanavičiūtė, 2009) bei kiti duomenys (Lapinskas, 2000), tokie kaip geofizikinės kreivės, kerno tyrimo geocheminiai duomenys (122 gręžiniai, 329 tyrimai), naftos ir dujų pritekėjimai, gauti Pocių-4 ir Pietų Šiūparių-5 gręžiniuose, naftos požymiai iš Skomantų-1 (31 pav.) ir Pocių-7 gręžinių kerno (41 pav.).

Faktinė medžiaga atskleidė nepertraukiamą atskirų sluoksnių sąsają su skirtingais jų storiais, organinės anglies ir angliavandenilių kiekiais. Nustatyta, kad maždaug 4 000 km² plote geologiniai naftos ištekliai gali siekti 4,5 mlrd. t, arba 5,6 mlrd. m³ (Willumsen, 2012). Toks išteklių kiekis beveik atitinka O. Zdanavičiūtės 2013 m. skaičiavimus. Pagal ją, Vakarų Lietuvoje minimalūs naftos geologiniai ištekliai ordoviko ir apatinio silūro 1 143 km² plote yra 3,7 mlrd. m³, maksimalūs 5 691 km² plote siekia 18,3 mlrd. m³ (Grigelis, 2013). Geologiniai ištekliai stratigrafiniame pjūvyje yra gauseni didėjant gyliui, taip pat einant iš rytų į vakarus. Šis skalūninės naftos geologinių išteklių įvertinimas rodo, kad pagrindinis išteklius atskleidžiantis veiksnys yra organinės medžiagos brandumas ir kiekis, liudijantis, kad ištekliai yra paplitę visoje storumėje tiek vertikaliai, tiek horizontaliai ir kad šių uolienuų potencialas kaupti naftos išteklius yra didžiulis.

Pocių-4 ir Pietų Šiūparių-5 gręžiniuose buvo atlikti tiksliniai hidrauliniai plėšymai ir gauti naftos ir dujų pritekėjimai. Šie darbai rodo, kad būtent hidraulinis uolienuų plėšymas yra principinis tokių išteklių išgavimo metodas. Hidraulinis plėšymas leidžia išgauti naftą iš praktiškai nelaidžių uolienuų. Šie darbai neginčijamai įrodo naftos buvimą ir technologinę galimybę ją išgauti.

Nors šiame „Minijos naftos“ darbe nebuvo vertinami išgaunamieji naftos ištekliai, hidraulinio plėšymo metu iš susidariusių laidžių zonų būtų galima išgauti apie 5 % geologinių išteklių. Tačiau norint įvertinti išgavimo koeficientą, reikia papildomų tyrimų. Remiantis pasaulio (visų pirma JAV) praktika, kur yra panašios geologinės sąlygos, tikėtina, kad gavyba yra galima. Kėtinimą investuoti į geologinius angliavandenilių tyrimus išreiškė (ir praktiškai investavo) JAV tarptautinė energetikos bendrovė „Chevron Corporation“, įkūrusi padalinį „Chevron Exploration & Production Lietuva“.

Deja, prieš rimtus ketinimus tirti netradicinių angliavandenilių potencialą buvo suorganizuotas milžiniškas pasipriešinimas ir tolesni šių angliavandenilių tyrimai praktiškai buvo sustabdyti. „Chevron Corporation“ yra viena iš didžiausių pasaulio naftos bendrovių, patenkanti tarp 20 didžiųjų viešai kotiruojamų akcijų bendrovių, vykdanči veiklą beveik 180 šalių. „Chevron Exploration & Production Lietuva“ pagal sutartį su UAB „LL investicijos“ išgręžė tris gilius gręžinius, planavo atlikti didelės apimties 2D seisminius tyrimus, savarankiškai dalyvavo Lietuvos paskelbtame tarptautiniame angliavandenilių išteklių naudojimo konkurse 1 800 km²



43 pav. Premjeras Algirdas Butkevičius susitiko su „Chevron Exploration & Production Lietuva“ ir Žygių kaimo atstovais (Nairanauskas, 2013); piketas prieš skalūnų angliavandenilių tyrimus. R. Garuolio nuotr. („Chevron“ nebegrįš, 2014).

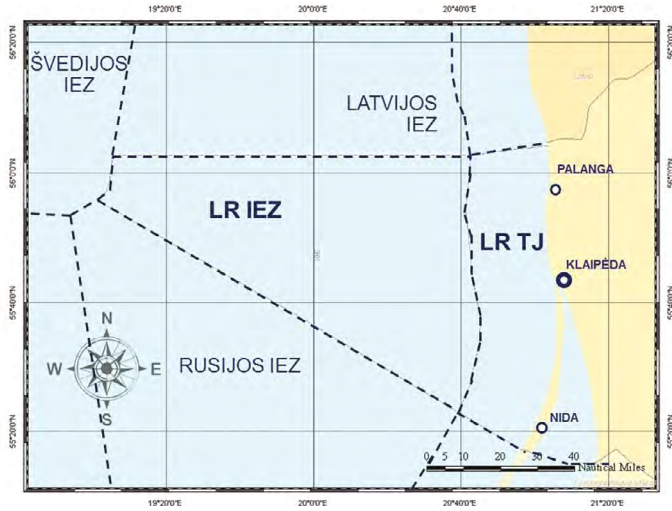
Šilutės–Tauragės plote, į kurią planavo investuoti ne mažiau nei 80 mln. litų. Deja, „Chevron Exploration & Production Lietuva“ laimėjus konkursą, buvo keičiami teisės aktai, keliami papildomi reikalavimai, apsunkinę jos veiklą.

Nepadėjo net Lietuvos mokslų akademijos komisija, kuri „vertindama angliavandenilių potencialo naudojimo iš šalies žemės gelmių svarbą energetikai bei ekonomikai, (...) priėjo prie šių išvadų: skalūnų dujų žvalgyba Lietuvos žemės gelmėse galima, nes: tai yra vienintelė priemonė norint kuo geriau nei iki šiol, griežtai laikantis visų aplinkosaugos nuostatų, iširti skalūnų dujų ir skalūnų naftos paplitimą, jas generuojančių uolienu parametrus, galimus geologinius ir išgaunamus dujų išteklius, jų energetinę ir ekonominę vertę“ (žr. Grigelis, 2013b).

Uždraudę tirti savo skalūnų angliavandenilių išteklius, jų atsivežame iš kitų šalių (ypač dujas iš JAV). Nesvarbu, kad mokame daugiau, bet užtat „saugome“ savo aplinką ir verkšlename, kad Lietuvoje sunku gyventi, nes nėra investicijų ir gerai apmokamų darbų. Tačiau šie ištekliai niekur nedingo, bet kada galima prie jų sugrįžti, tik su investuotojais (43 pav.) reikia mokėti tinkamai elgtis.

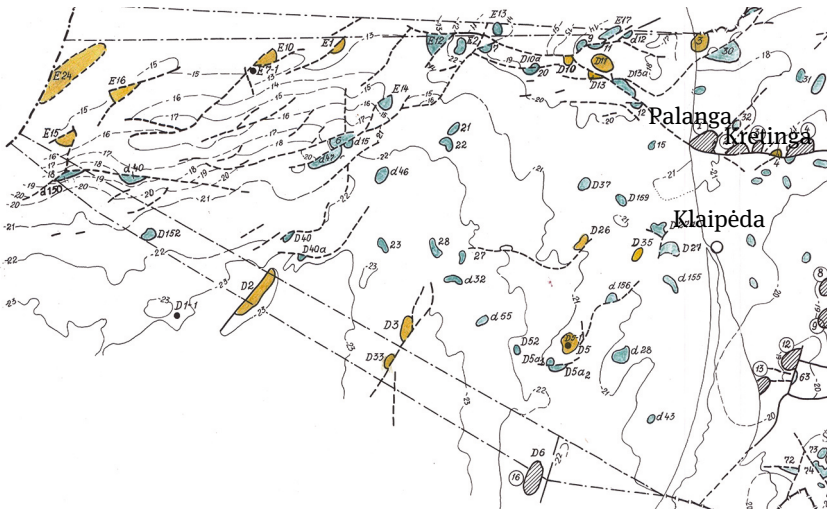
Baltijos jūra ir Kuršių marios

Lietuvos Respublikos teritorinė Baltijos jūra užima 1 814 km² plotą. Teritorinės jūros zonoje galioja Lietuvos Respublikos įstatymai. Lietuvos Respublikai priklausanti išskirtinė ekonominė zona (IEZ) Baltijos jūroje apima 4 564 km². Bendras jūros plotas, kuriame Lietuva turi suverenias teises tirti ir eksploatuoti, saugoti ir valdyti gyvuosius išteklius ir negyvosios gamtos turtus, pavyzdžiui, eksploatuoti naftos išteklius, sudaro 6 378 km² (44 pav.).



44 pav. Lietuvos Respublikos teritorinė jūra ir išskirtinė ekonominė zona (LRV, 2004).

Baltijos jūros naftingumas tikslingai pradėtas tirti 1975 m., įsteigus bendrą Sovietų Sąjungos, Lenkijos ir Rytų Vokietijos įmonę „Petrobaltic“, skirtą naftos ir dujų telkinių paieškai ir žvalgybai. Buvo atlikti gravimetriniai tyrimai bei įvairių modifikacijų seisminiai darbai, parengta aeromagnetinė nuotrauka. Neblogai iširtos apatinio paleozojaus slūgsojimo sąlygos. Seisminių profilių tankis apie $1 \text{ km}/1 \text{ km}^2$. Rasta nemažai naftos atžvilgiu perspektyvių struktūrų (45 pav.). Vienoje jų – D5-1 grėžinyje gautas $5,7 \text{ m}^3$



45 pav. Struktūros (mėlyna ir geltona spalvos) Lietuvos akvatorijoje. Sudarė G. Vosylius, 1996 m. (Laškovas, 1996).

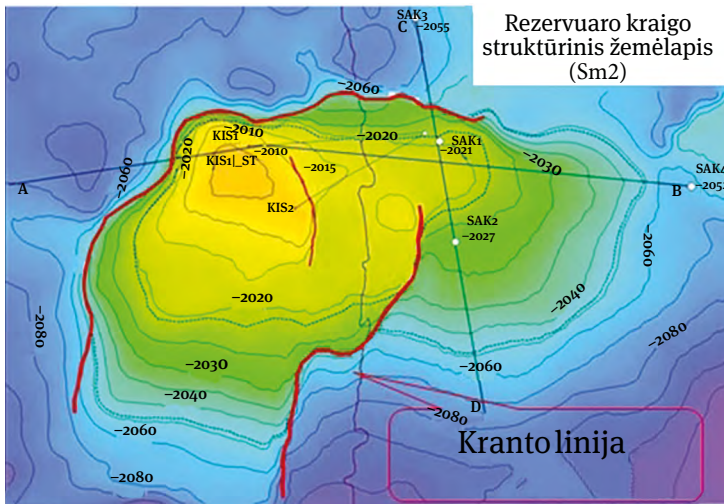
per parą naftos pritekėjimas iš kambro smiltainio (žr. Zdanavičiūtė, 2012a). Deja, detaliau ši struktūra nebuvo tirta. Pirmasis grėžinys tikriausiai yra šios struktūros šlaite. Lietuvos šelfe jokių geologinių tyrimo darbų, skirtų naftos telkinių paieškai, po SSSR griūties nebuvo atlikta.

Vienintelė išimtis – UAB „Minijos nafta“ atlikti seisminiai darbai Kuršių mariose, kuriais patikslinta Sakučių naftos telkinio sandara, išgręžti trys naftos gavybos grėžiniai. Vyksta naftos gavyba (46 pav.). Piečiau Sakučių telkinio seisminiais 2D ir 3D darbais detalai ištirta ir paruošta grėžimui Kintų struktūra. Didesnė struktūros dalis taip pat yra jūroje – Kuršių mariose (18 pav.). Deja, vietiniai gyventojai, pritariant ministerijai, atsakingai už Žemės gelmių išteklių naudojimą, neleidžia gręžti paieškų grėžinio.

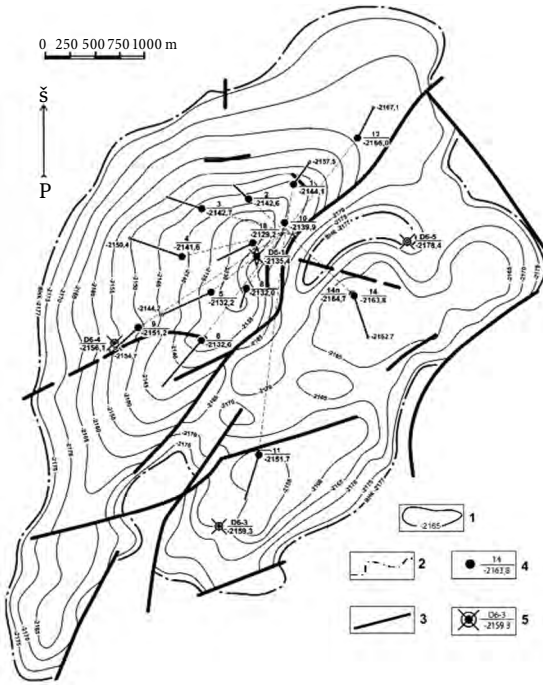
Aplinkinėse teritorijose, ypač Rusijos valdomoje akvatorijoje (priešais Kaliningrado sritį), kompanija „Lukoil“ vykde intensyvią naftos išteklių įsisavinimo veiklą. Dar 1983 m. įmonė „Petrobaltik“ rado D6 naftos telkinį, o 1984 m. – C9. Telkinyje D6 kompanija „Lukoil“ nuo 2004 m. išgauna naftą (47 pav.).

Atlikus papildomus seisminius darbus, išgręžtas paieškų grėžinys ir 2014 m. rastas telkinys D29 struktūroje, 2015 m. – D6 (Južnoje), D41 ir D33 struktūrose. Iki 2017 m. atrasti naftos telkiniai parodyti 48 pav.

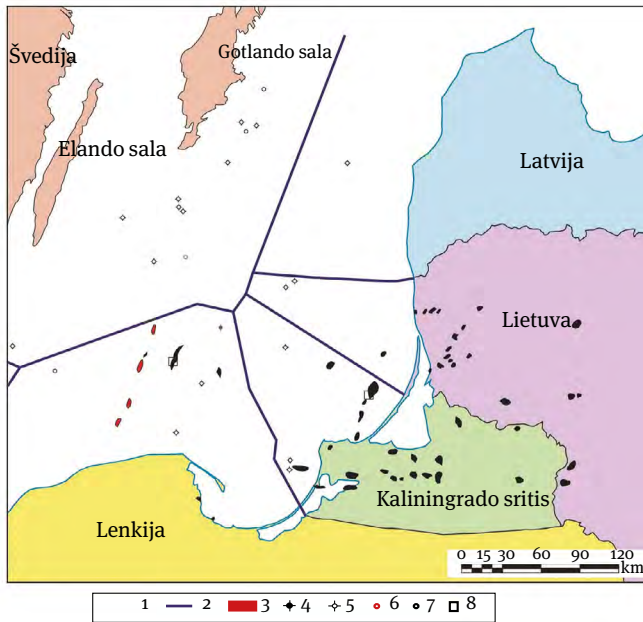
Pagal išteklius D33 yra didžiausias Baltijos jūroje rastas telkinys. Kompanijos „Lukoil“ vertinimu, išgaunami ištekliai siekia 21,2 mln. t. Plotu ir amplitude D33 struktūra yra artima kitoms struktūroms. Didelius naftos išteklius čia sąlygoja storas naftingo kambro smiltainio sluoksnis.



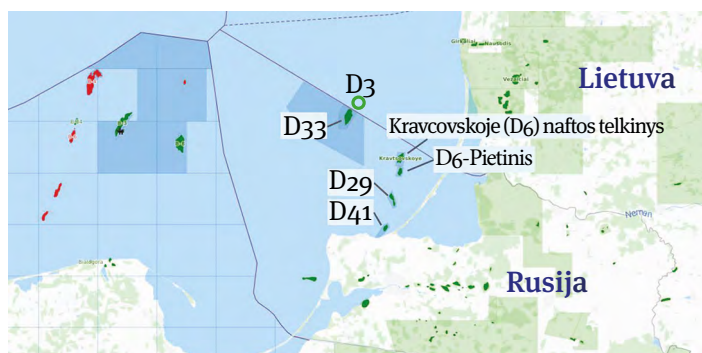
46 pav. Sakučių naftos telkinys. Didesnė dalis išteklių yra po Kuršių mariomis – kambro rezervuaro paviršiaus žemėlapis (UAB „Minijos nafta“ duomenys).



47 pav. D6 (Kravcovskoje) telkinys 20 km į vakarus nuo Nidos: 1 – kambro paviršiaus izohipsės, 2 – vandens ir naftos kontaktas, 3 – lūžiai, 4 – iškreivinti gavybos gręžiniai, 5 – vertikalūs paieškos gręžiniai (likviduoti) (skaitiklyje – gręžinio Nr., vardiklyje – rezervuaro absoliutus aukštis) (Отмас, 2010).



48 pav. Baltijos jūros šelfo apžvalginė schema: 1 – valstybių ribos jūroje; 2 – naftos telkiniai; 3 – dujų telkiniai; 4–7 – gręžiniai: 4 – likviduoti (naftos), 5 – neproduktyvūs, 6 – su nepramonine dujų prietaka, 7 – su nepramonine naftos prietaka; 8 – gavybos platforma (Отмас (старший) et al., 2017).



49 pav. Naftos telkiniai Baltijos jūroje Rusijos dalyje (Савосин, Бахтина, 2019).

D33-1 gręžinyje naftingas intervalas yra 2 185,5–2 241,8 m nuo jūros lygio, naftingumo aukštis – 56 m, efektyvus smiltainio storis – 52 metrai. D33 telkinys yra arti Lietuvos akvatorijos ir turi galimybę jungtis su Lietuvos pusėje esančia D3 struktūra (49 pav.).

D6 (Kravcovskoje) telkinyje geologiniai ir išgaunami naftos ištekliai siekia 21,5 ir 9,1 mln. t, gavyba vykdoma nuo 2004 metų. D41 telkinio geologiniai ir išgaunami naftos ištekliai – 3,9 ir 2,0 mln. tonų. Nuo 2019 m. gavyba vykdoma iškreivintais gręžiniais nuo kranto (Neftegaz.RU, 2020).

D33 telkinio ištekliai vertinami kaip labai dideli šiame naftingame regione ir yra ekonomiškai vertingi gavybai jūroje. 21 200 tūkst. tonų yra maždaug 148,4 mln. barelių. Jų vertė, skaičiuojant tik po 60 JAV dolerių už barelį, sudarytų 8 mlrd. 904 mln. JAV dolerių. Lietuvoje angliavandenilių išteklių mokestis yra 12 % nuo išgauto ir parduoto kiekio, tad nuo 8 904 mln. sudarytų 1 068 mln. JAV dolerių – apie 1 mlrd. eurų. Tai – rimtas turtas.

Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2021 m. rugsėjo 29 d. nutarimu Nr. 789 patvirtino Lietuvos Respublikos teritorijos bendrąjį planą iki 2030 metų. Pirmajame punkte pasakyta, kad jame įtvirtintos „valstybės teritorijos naudojimo **privalomosios nuostatos**“ [išskirta – I. V.].

„16.5. **plėtoti jūrinės ir su jūra susijusias veiklas** [išskirta – I. V.], prioritetą teikiant Lietuvos kaip jūrinės valstybės įvaizdžio formavimui, tvariam naujų veiklų, tokių kaip atsinaujinanti energetika, akvakultūra, **naudingųjų iškasenų gavyba** [išskirta – I. V.], ...vystymui“;

„457. Parengti Nacionalinę žemės gelmių ir jų išteklių naudojimo programą, kuri apimtų visų rūšių žemės gelmių išteklius ir jų savybes, įskaitant požeminio vandens, žemės gelmių ertmių, talpinių ir vertingųjų savybių, geoterminės energijos saugojimo, tyrimo ir panaudojimo galimybių klausimus“;

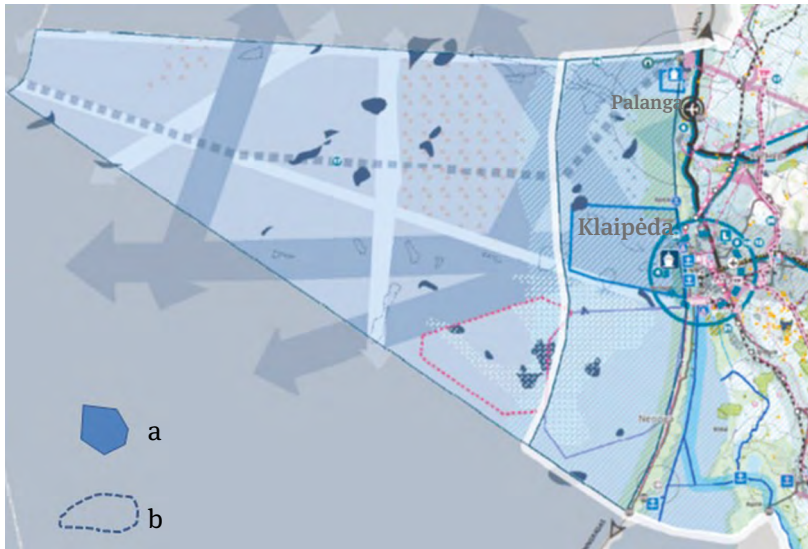
„465. Angliavandenilių išteklių (naftos) naudojimą vykdyti taikant geriausias Europos Sąjungos aplinkosaugines ir rizikų valdymo praktikas,

atsižvelgiant į aplinkos taršos, klimato kaitos ir kitas problemas. **Numatyti naftos išteklių vystymo jūrinėje dalyje reguliavimą** [išskirta – I. V.], derinant su kitomis veiklomis (vėjo energetika, laivyba ir kt.), skatinti ir stiprinti vidinį, tarpsektorinį bei tarptautinį bendradarbiavimą“;

„569. Naftos ir kitų žemės gelmių išteklių paieška, žvalgyba bei gavyba galima visoje akvatorijoje, išskyrus gavybos veiklą pajūrio juostoje, saugomose teritorijose, uostų reiduose, gamtos ir kultūros paveldo objektų teritorijose. Teritorijose, kuriose prioritetas teikiamas kitai veiklai (laivybos keliai, krašto apsaugai skirtose teritorijose ir kt.), žvalgybos ir išgavimo darbai vykdomi tik suderinus su prioritetingos veiklos vykdytoju. Šiose teritorijose ribojamas naftos ir kitų išteklių gavybai skirtų stacionarių įrenginių išdėstymas vandens paviršiuje ir storumėje taip, kad būtų užtikrinta prioritetingų veiklų tose teritorijose sklaidi veikla (laivybos, krašto apsaugos ir kt.) (taikyti II sk. 8 skirsnio nuostatas).“

Taigi pagal bendrąjį planą naftos gavyba galima visoje akvatorijoje, bet kai kuriose vietose turi būti derinama su kitomis veiklomis. Turi būti parengta „Nacionalinė žemės gelmių ir jų išteklių naudojimo programa“, kuri apimtų visų rūšių žemės gelmių išteklius ir jų savybes. Perspektyvios naftos struktūros yra pavaizduotos ir konkrečiuose plano brėžiniuose (50 pav.).

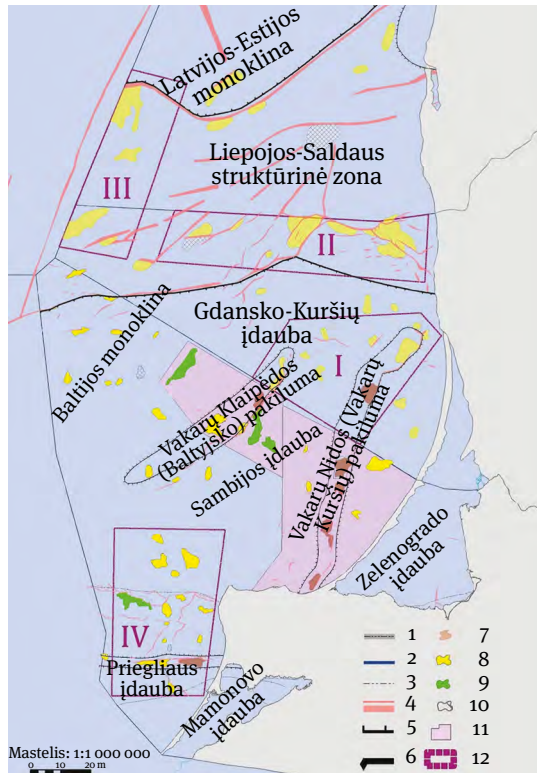
Deja, per ketverius metus nuo bendrojo plano patvirtinimo jo nuostatos nėra vykdomos (bent jau naudingųjų išteklių įsisavinimo, konkrečiai – ir naftos geologinio tyrimo bei gavybos srityje).



50 pav. Lietuvos Respublikos teritorijos bendrajame plane konkretizuoti sprendiniai: a – potencialios struktūros, pirmumą suteikiant angliavandenilių paieškoms, b – pirmumas suteikiamas kitai veiklai, tačiau galimos ir naftos paieškos (LVR 2021 nutarimas Nr. 789).

Apibendrinant galima pasakyti, kad žemės gelmėse (kambro smiltainyje) po Baltijos jūra yra dideli naftos ištekliai. 1996 m. gauti skaičiai, atsižvelgiant į pastarųjų metų Rusijos atradimus, yra per maži. Tikėtina, kad geologiniai naftos ištekliai Lietuvos Baltijos jūros akvatorijoje gali būti apie 160–100 mln. t, iš jų apie pusę – 80–50 mln. t (vidutiniškai 80 mln. m³) – ekonomiškai gali būti naudinga išgauti.

Dėl tokio valdžios požiūrio („mums nereikia lietuviškos naftos“) net **teoriniams naftos geologijos tyrimams neskiriama jokie dėmesio**. Tenka žiūrėti į kaimyninių, kad ir nedraugiškų mums šalių geologų tyrimus. Dar 2017 m. Visos Rusijos naftos geologinio žvalgymo instituto («Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт») (АО «ВНИГРИ») darbuotojai išspausdino straipsnį „Naftos ir dujų perspektyvos Baltijos jūros šelfe“ (Перспективы нефтегазоносности шельфа Балтийского моря) (Отмас (старший) et al., 2017), kuriame prioritėtines kryptys pažymėtos I–IV skaičiais. Pirmosios dvi yra Lietuvos šelfe, trečioji taip pat patenka į mūsų Baltijos jūros dalį (51 pav.). Tokiam perspektyvų vertinimui ir naftos paieškų eiliškumui galima tik pritarti.



51 pav. Perspektyvios / pirmaeilės I–IV naftos paieškų kryptys. Ruda spalva pažymėti naftos telkiniai, geltona – perspektyvios struktūros (Отмас (старший) et al., 2017).

Paieškų žvalgymo istorija

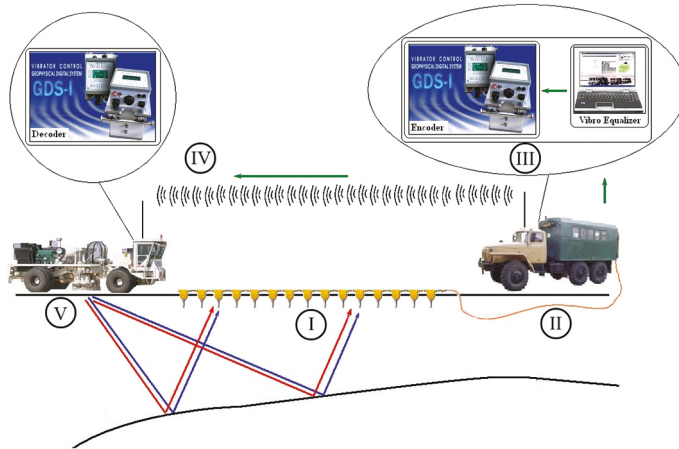
Naftos paieškų pradžia Lietuvoje glaustai aprašyta A. Grigelio knygoje „Lietuvos TSR geologijos istorija“ (Grigelis, 1981). Rašoma, kad 1947–1948 m. išgręžtame pirmame Lietuvoje atraminiame Vilniaus gręžinyje paleozojaus uolienose buvo aptikti naftingumo požymiai. Sistemingos naftos paieškos pradėtos 1958 m., o 1960 m. Virbalio-5(16) gręžinyje iš ordoviko klinties gauti pirmieji naftos lašai Lietuvoje.

1964 m. liepos mėn. įkurta Naftos žvalgybos ekspedicija, o 1967 m. Šiauliuose – savarankiška Seisminė partija, kuri vėliau (1974 m.) prijungta prie Naftos žvalgybos ekspedicijos. Iki 1966 m. ordovikas buvo pagrindiniu paieškos objektu. 1966 m. liepos 8 d. Gargždų-1 gręžinyje Šiūparių k. (Klaipėdos r.) iš kambro smiltainio (1 969–1 975 m intervalo) per 2 val. 20 min. buvo gauta 640 l lengvos naftos. Tą patį intervalą bandant kolonoje 1967 m. sausio mėn., savitaka tekėjo 2,7 m³ naftos per parą.

Į Vakarų Lietuvą (Gargždus) perkelta Naftos žvalgybos ekspedicija vykdė naftos paieškų ir žvalgymo darbus. Objektus paieškoms ruošė Seisminė partija. Vilniuje prie NŽE esanti Struktūrinė partija tęsė silūro ir ordoviko naftingumo tyrimus. Paieškų ir žvalgymo strategiją bei duomenų apibendrinimą ir išteklių skaičiavimą Vilniuje vykdė nedidelė geologinės medžiagos apdorojimo grupė, kurioje dirbo mokslo daktarai A. Stirpeika ir V. Muromceva. Ši grupė glaudžiai bendradarbiavo su Geologijos mokslinio tyrimo instituto darbuotojais ir Geologijos valdybos vadovaujančiais specialistais. Nuo 1958 iki 1996 m. atlikta 26 tūkst. km² įvairių modifikacijų seisminių profilių, išgręžta 221 gilus naftos paieškos (žvalgybos) ir 164 struktūriniai gręžiniai. Rasti naftos telkiniai, nustatyti jų ištekliai ir pradėta naftos gavyba. Naftos paieškų ir žvalgybos darbai suteikė svarbiausių žinių apie kristalinio pamato ir nuosėdinės dangos sudėtį ir struktūrą, gelmių naudingąsias fizines, talpos savybes, mineralinius vandenis ir sūrymą.

Naftos telkinių paieškai ir žvalgymui Lietuvoje taikyti tie patys metodai kaip ir visame pasaulyje. Pirmiausia – tai seisminiai darbai, kurie leidžia kartografuoti giliai slūgsančius skirtingo tankio uolienų paviršius (52 pav.). Paviršiuje duotas seisminis signalas plinta į gelmes, atsispindi nuo kieto paviršiaus ir sugrįžta atgal. Žinant signalo plitimo greitį ir laiką nuo signalo pasiuntimo iki grįžimo, galima nustatyti signalo nueitą kelią ir gylį, kuriame slūgso atspindintis horizontas.

Tarsi ir paprasta, bet iš tikrųjų – gana sudėtinga. Pagal seisminių darbų duomenis sudaromi giliai esančių paviršių žemėlapiai. Ieškoma uždaru struktūrų, kuriose gali būti naftos ar dujų. Tada ateina pagrindinis paieškos etapas – perspektyvaus naftos horizonto gręžimas (53 pav.) ir laukiama rezultatų. Gręžimas yra svarbiausias ir brangiausias angliavandenilių ar kitų giliai gelmėse esančių naudingųjų iškasenų tyrimo darbas. Kaip gręžiamas



52 pav. Seisminių darbų schema: I – seisminio signalo priėmimas, II – signalų registravimo stotis, III–IV – signalo padavimo ir priėmimo sąveika, V – seisminės bangos šaltinis; raudona ir mėlyna linijos žymi seisminės bangos kelią.

naftos paieškos gręžinys? Pirmiausia geologai formuluoja geologinę užduotį, kurioje nurodomi gręžinio tikslai, jo paskirtis ir planuojami tyrimo darbai. Gręžimo inžinieriai parengia detalų projektą, kuriame numatoma, kokia įranga atliks planuojamą gręžimą ir numatytus tyrimo darbus, kiek ir kokių

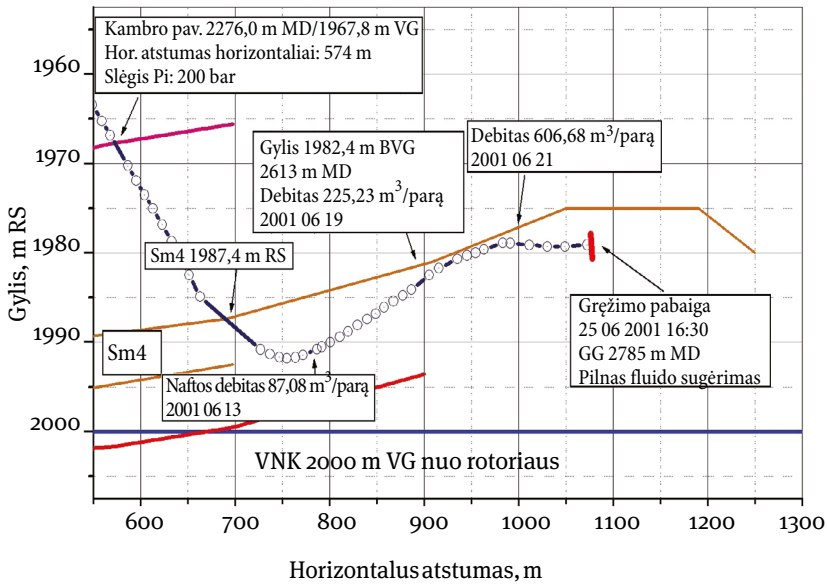


53 pav. Skomantų-1 gręžinio gręžimas. Šilutės r., Švėkšnos sen., 2012 m. UAB „Minijos nafta“ nuotr.

apsauginių vamzdžių, kaltų ir kitokių gręžimo priemonių bei medžiagų reikės. Pagrindinis reikalavimas – kad gręžimo įranga turėtų užtektinai galios pakelti ir nuleisti gręžimo ir apsauginius vamzdžius. Lietuvoje gerai užsirekomendavo Lenkijos gręžimo kompanija „Exalo Drilling S. A.“, dirbanti su staklėmis IRI-750, kurių keliamoji galia yra 136 tonos. Gręžimo staklės montuojamos specialioje betonuotoje aikštelėje. Jos gali išgręžti iki 3 000 m ilgio / gylio gręžinį, sukdamos specialų kvadratinį vamzdį rotoriumi ir visą gręžimo vamzdžių koloną arba gręžimo kaltą sukdamos hidrauliniu motoru, montuojamu gręžimo vamzdžių apačioje. Gręžimo vamzdžių apačioje prisuktą kaltą vamzdžių svoris spaudžia į uolienas, kvadratinis vamzdis ir visi prie jo prijungti gręžimo vamzdžiai yra sukami rotoriaus. Naudojant hidraulinių variklį sukama tik apatinė vamzdžių dalis ir kaltas. Kaltas ardo uolieną, į kurią remiasi, ir leidžiasi gilyn. Sutrupinta uoliena pašalinama iš kirtavietės nuolat pumpuojant plaunamąjį skiedinį į gręžimo vamzdžius, kuris pro specialias skylės kalte ir ertmę tarp gręžimo vamzdžių ir gręžinio sienelės iškelia išgręžtą uolieną (šlamą) į paviršius. Geologai nagrinėja šlamą ir pagal jį nustato, pro kokias uolienas vyksta gręžimas. Skiedinys išvalomas nuo uolienos dalelių ir vėl pumpuojamas į gręžinį. Gręžinį praplaunantios staklės turi našius siurblius, galinčius pumpuoti 1 000–3 000 l/min. esant 100 atmosferų slėgiui. Skaičius 750 žymi staklių pagrindinės gervės, su kuria keliami ir leidžiami vamzdžiai, galią ir ji yra 750 AJ. Gręžiama 114 ir 89 mm gręžimo vamzdžiais. Dažniausiai eksploatacinė kolona, kuri leidžiama iki naftingo horizonto, yra 178 mm diametro. Kiškių-1 gręžinys yra ilgiausias Lietuvoje – jo išmatuotas gylis siekia 2 989 m nuo žemės paviršiaus, kolonos ilgis yra 2 400 m, svoris – 100 tonų. Šiuolaikinės technologijos leidžia gręžti ne tik vertikaliai, bet ir pasirinktu azimutu ir norimu kampu. Tokio iškreivinto gręžinio dalis kambro rezervuare parodyta 54 paveiksle.

Norint gauti didesnius uolienų pavyzdžius, naudojami specialūs kaltai su didele skylė viduryje. Uoliena ardoma žiedu, o viduryje lieka nesuardytas uolienos stulpelis – kernas, kuris pakeliamas į paviršius (kerno pavyzdžius žr. 14, 31, 34, 36 pav. ir kt.). Uolienų pavyzdžiai imami laboratoriniams tyrimams, žiūrima, ar yra naftos. Atliekami hidrodinaminiai tyrimai ir gaunami atsakymai į svarbius klausimus: ar intervalas skvarbus ir kiek skvarbus, kuo prisotintas – tik nafta ar vandeniu, ar yra abiejų skysčių, koks sluoksnio slėgis, ar kolektorius yra vienalytis gręžinio aplinkoje. Visa tai svarbu tolesniam telkinio vertinimui ir būsimos gavybos planavimui.

Lietuvoje buvo greitai įsisavinti naujais pasaulio naftos telkinių paieškų, žvalgybos, gavybos ir jos skatinimo pasiekimai. Tai labai tikslūs tūriniai 3D seisminiai tyrimai, iškreivintas ir horizontalus gręžimas, gręžimas depresijos sąlygomis, smėlio perforacija, hidraulinis uolienų ardyimas ir kt.



54 pav. Dieglių-8 gręžinio trajektorija kambro rezervuare. Naftos debito kaita gręžimo metu (UAB „Minijos nafta“ duomenys).

Dieglių-8 gręžinys gręžimo metu buvo plaunamas nafta, kurios tankis $0,82 \text{ g/cm}^3$. Tai reiškia, kad 2 000 m gylyje naftos stulpas sudaro 164 atmosferų slėgį. Kambro rezervuaro slėgis tokiaame gylyje yra apie 220 atmosferų. Dėl susidariusio slėgių skirtumo rezervuare esantis skystis gręžimo metu teka į gręžinio skylę ir į paviršių. Taip išvengiama rezervuaro užterštumo ir gaunamas maksimalus gavybos debitas. Depresinio gręžimo metu Dieglių-8 gręžinyje buvo fiksuotas maksimalus naftos debitas Lietuvoje – 606 m^3 per parą. UAB „Minijos nafta“ depresijos sąlygomis gręžė Pietų Šiūparių, Pocių ir kituose telkiniuose.

Specializuotus darbus (iškreivinimą, hidraulinį ardymą ir kt.) vykdė aukščiausio lygio pasaulinės kompanijos „Shlumberger“, „Weatherford“, „Baker Oil Tools“ ir kt. Specialius naftos ir uolienu tyrimus atliko Lietuvos, Rusijos, Ukrainos, Lenkijos, Danijos, Didžiosios Britanijos mokslo institutai ir laboratorijos.

Lietuvoje buvo du naftos telkinių atradimo proveržiai. Pirmąjį paskatino Gargždų-1 gręžinyje iš kambro smiltainio Vakarų Lietuvoje 1966 m. liepos 8 d. gauta pirma nafta. Po šio atradimo seisminiai ir gręžimo darbai buvo nukreipti į Vakarų Lietuvą. Rezultatas – 1968 m. rastas Pietų Šiūparių telkinys, 1969 m. – Vilkyčių, 1973 m. – Dieglių, 1974 m. – Vėžaičių. Visi jie priklausė Gargždų zonai. Vėliau aptiktos mažesnės Pocių, Ablingos, Šilalės sankaupos, kurios tik gerokai vėliau, po papildomų geologinių tyrimų, buvo patvirtintos ir įgijo telkinių statusą.

Tuomet įsivyravo kelerių metų pertrauka, per kurią naftos paieškų ir žvalgymo darbai nutrūko kaimyninėje Latvijoje. Toks pat likimas buvo ruošiamas ir Lietuvos naftos geologijai. Naftos žvalgybos ekspedicijai buvo pavesta organizuoti... kilnojamųjų namelių gamybą Sibiro naftininkams ir parengti Baltijos jūros geologinę nuotrauką. Ekspedicija iš Vilniaus perkelta į Gargždus. Dėl rastų mažų naftos išteklių jų įsisavinimas net nebuvo planuojamas.

Vis dėlto pragrėžus papildomus gręžinius Ablingos ir Pocių sankaupose ir perskaičiavus išteklius, kaip turinčius pramoninę reikšmę, pavyko išlaikyti naftos darbus. Pagrindinis impulsas buvo pagal senus seisminius duomenis Geologijos instituto geofizikės Veros Markšaitienės sudaryto struktūrinio žemėlapiu pagrindu pragrėžtame Genčių-3 gręžinyje pakeltas poringas nafta prisotintas kambro smiltainio kernas. 1984 m. liepos 18 d. iš 1 818–1 814 m. intervalo nuo žemės paviršiaus per 60 min. pradinės depresijos 110 atmosferų sąlygomis gauta 7,1 m³ naftos. Tai buvo Telšių volo naftos susikaupimo zonos atradimo pradžia. 1988 m. nustatytas Kretingos ir Nausodžio, o 1992 m. – ir Girkalių struktūrų naftingumas. Naftos išteklių atradimo kaita parodyta 1 lentelėje.

1 lentelė. Naftos išteklių atradimo kaita

Telkinio pavadinimas	Vietovė	Išteklių patvirtinimo metai	Geologiniai ištekliai (m ³)	Išgaunami ištekliai (m ³)
Vilkyčiai	Klaipėdos r., Priekulės sen., Šilutės r., Saugų sen.	1999	3 725 000	1 378 000
P. Šiūpariai	Klaipėdos r., Agluonėnų ir Veiviržėnų sen.	1999	3 473 000	1 285 000
Vėžaičiai	Klaipėdos r., Vėžaičių sen.	1975	3 353 000	670 000
Diegliai	Klaipėdos r., Vieviržėnų sen.	2014	1 389 000	361 000
Pociai	Šilutės r., Švėkšnos ir Saugų sen.	2017	710 000	234 000
Ablinga	Klaipėdos r., Endriejavo sen., Plungės r., Kulių sen.	1984	431 000	151 000
Genčiai	Kretingos r., miesto sen.	1989	3 677 000	1 563 000
Kretinga	Kretingos r., miesto sen.	2010	693 000	326 000
Nausodis	Kretingos r., Žalgirio sen.	1994	1 805 000	560 000
Uoksai	Šilutės r., Švėkšnos sen.	2006	67 000	20 000
Auksoras	Klaipėdos r., Endriejavo sen.	2011	29 000	9 000
Lyžiai	Klaipėdos r., Endriejavo sen.	2011	54 000	34 000
Š. Vėžaičiai	Klaipėdos r., Endriejavo sen.	2005	75 000	27 000
Girkaliai	Palangos m., Klaipėdos r., Kretingalės sen.	1998	952 000	352 000
Agluonėnai	Klaipėdos r., Agluonėnų sen.	2007	752 000	278 000
Sakučiai	Klaipėdos r., Priekulės sen., Šilutės r., Kintų sen., Kuršių marios	2005	2 055 000	617 000
Šiūpariai	Klaipėdos r., Dovilų sen.	2006	783 000	235 000
Šilalės	Šilutės r., Švėkšnos sen.	2012	128 000	6 000
Iš viso:			24 150 000	8 106 000

Iš viso Lietuvoje rasta 18 telkinių, juose patvirtinti pradiniai geologiniai naftos išteklių sudaro 24 150 tūkst. m³, išgaunami – 8 106 tūkst. m³.

Naftos, kaip ir kitų naudingųjų iškasenų, išteklių negalima tiksliai apskaičiuoti. Naftingas rezervuaras yra sudėtinga sistema. Kiekvienas gręžinys ir gavybos eiga patikslina telkinio sandarą ir žinias apie išteklių kiekį: tiek geologinių (esančių gelmėse), tiek išgaunamų, kuriuos tikimasi išgauti naudojamomis technologijomis. Išgaunamų išteklių kiekiui turi įtakos ir ekonominė aplinka (mokesčiai ir kt.) bei naftos kaina. Išgaunami išteklių tokiais netaps, jeigu gavyba nebus ekonomiškai pagrįsta.

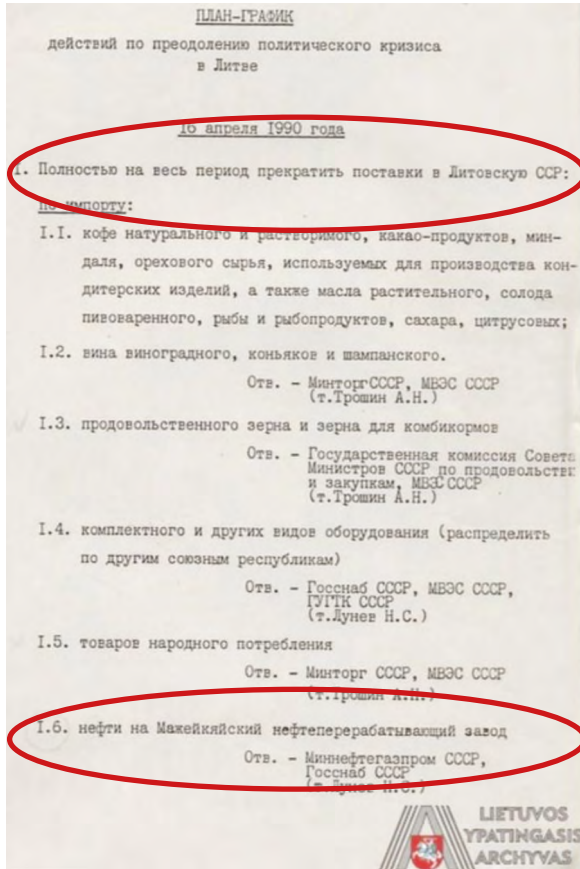
Naftos gavyba

Iki Telšių zonos telkinių atradimo naftos gavyba Lietuvoje nebuvo planuojama. Radus naują perspektyvią naftos susikaupimo zoną, dar neapgyvus Genčių naftos telkinio išteklių SSSR valstybinėje išteklių komisijoje, iš Maskvos atėjo trijų ministrų – geologijos, naftos pramonės ir dujų pramonės – įsakymas Lietuvos naftos telkinius perduoti susivienijimui „Kalinogradneftegazprom“ ir pradėti naftos gavybą. Vilkyčių ir Pietų Šiūparių telkiniai buvo perduoti 1985 m. liepos mėn., Dieglių ir Vėžaičių telkinius buvo planuojama perduoti 1991 m. rugsėjo mėnesį. Genčių telkinį norėta perimti dar nebaigus žvalgybos ir nepatvirtinus išteklių nustatyta tvarka.

Kaliningrado susivienijimas pradėjo paruošiamuosius darbus. Susivienijimo būstinės fojė per visą sieną buvo nupieštas Lietuvos naftos telkinius vaizduojantis pano. Tačiau 1990 m. kovo 11 d. Lietuva atkūrė nepriklausomybę. 1990 m. balandžio 18 d. SSSR įvedė Lietuvai ekonominę blokadą, sustabdė arba smarkiai apribojo žaliavų tiekimą, tarp jų – ir naftos produktų. Visa jau perduota pirminė geologinė medžiaga (gręžinių bylos, ataskaitos) buvo gražinta atgal į NŽE, į Gargždus. Suspėta laiku, nes Lietuvoje nebuvo įkurta tiesiogiai iš Maskvos ar per Kaliningradą valdoma visasąjunginė SSSR struktūra.

Impulsą naftos gavybai Lietuvoje suteikė blokada. 1990 m. kovo 11 d. Lietuvai paskelbus nepriklausomos valstybės atkūrimo aktą, Lietuvos ypatingajame archyve saugomas nenustatytos Sovietų Sąjungos žinybos parengtas „Politinės krizės Lietuvoje įveikimo veiksmų plano grafikas“. Pagal šį planą nuo 1990 m. balandžio 16 d. Lietuvai turėjo būti visiškai nutrauktas naftos ir kitų produktų tiekimas (55 pav.).

Sovietmečiu Lietuvoje buvo daug stambių paukščių ūkių su nusistovėjusia pašarų gamybos praktika. Viena jų – žolės miltų gamyba. Derlingose Pamario pievose 4–3 kartus per metus buvo pjaunama žolė, kuri specialiuose agregatuose buvo išdžiovinama ir sumalama. Ji sudarė didelę paukščių lesalo dalį. Žolės džiovinimui buvo naudojamas mazutas, kaip krosnių kuras.



55 pav. „Politinės krizės Lietuvoje įveikimo veiksmų plano grafiko“ pirmasis puslapis (Lietuvos ypatingasis archyvas, 2020 m.).

Per blokadą šio kuro tiekimas buvo nutrauktas, todėl buvo svarstomi planai likviduoti paukštynus.

Siekiant užtikrinti pašarų gamybą 1990 m. gegužės 5 d. į NŽE Gargžduose atėjo teletaipograma (56 pav.). 1990 m. NŽE turima gręžinių išbandymo įranga pradėta naftos gavyba Genčių, Kretingos ir Vilkyčių naftos telkiniuose. 1990 m. išgauta 14,3 tūkst. m³ naftos. Visa išgauta nafta buvo parduota žemės ūkio įmonėms. Daugiausia „Vieviržio“ (Šilutės r., Vilkyčių km.) ir kitiems paukštynams.

Lietuvos Respublikos Vyriausybė 1992 m. kovo 16 d. nutarimu Nr. 169 Gargždų valstybinei naftos geologijos įmonei (buvusiai Naftos žvalgybos ekspedicijai) suteikė licenciją eksploatuoti visus naftos telkinius, kurių ištekliai tuo metu buvo įrašyti į valstybės balansą: Vilkyčių, Pietų Šiūparių, Genčių, Kretingos, Nausodžio, Dieglių, Vėžaičių, Ablingos ir Pocių.

02 278044HEФТЬ
02 261162ГЕ ОЛОГ

VILNIUS 3/5-90=

GARGŽDAI NZE PALIUKUI=

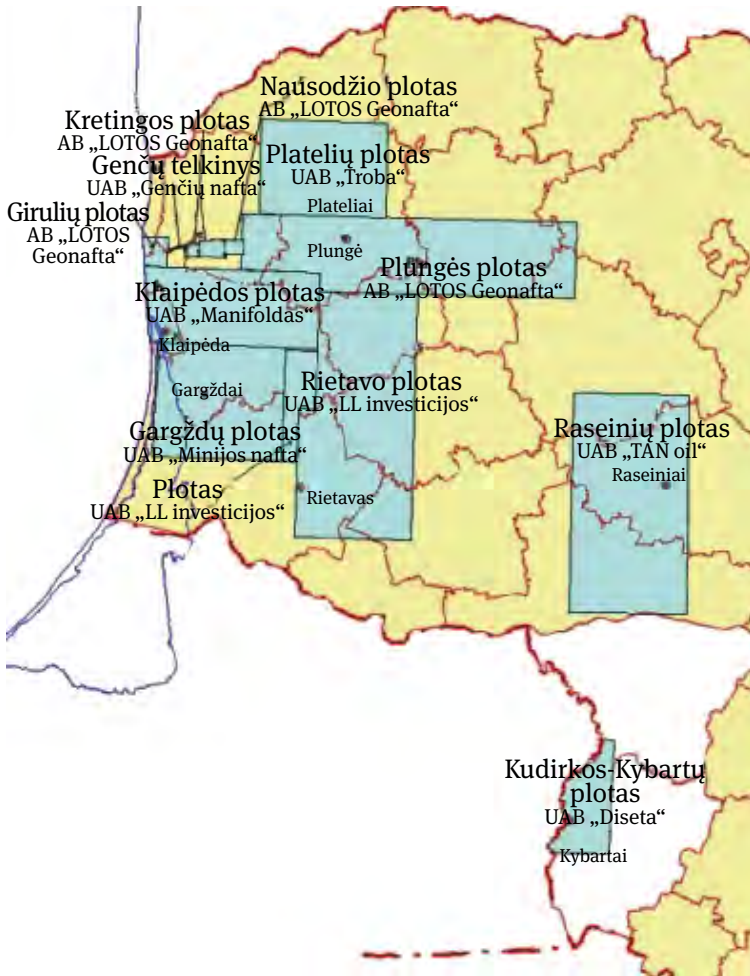
VALS TIVINE KOMI TJA R ICBLOKADINIYU PRIEMONIYU PLAN I PARUCSTI
IP JKЛИТИ ПИРМИННКАУЙАНТ МИНИСТРЕИ ПИРМИННЕИ ПИРНСКИЕНЕИ
(ПРОТОКОЛW № 1990.04.5 D.) LAIKO TIKSLINGU PAVEST
LIETUVOS GEOLOOJOS DARBUBU GAMIBINI AM SUSIVIENIJIMUI PRADETI
UZKONSERVUOTU NAFTOS VERSLOVIU EKSPLOATACIJA ISGauta NAFTA
PANNUDOTI ZEMES UKIO REIKALAMS=

1-130 SUSIVIENIJIMO GENERALINIS DIREKTORIUS BENDORAITIS=

56 pav. Teletaipograma, davusi pradžią naftos gavybai Lietuvoje. „Vilnius 3/5-90 Gargždai NŽE Paliukui = Valstybinė komisija, priešblokadinių priemonių planui paruošti ir vykdyti, pirmininkaujant ministrei pirmininkei Prunskienei (protokolas 1990 04 05 d.), laiko tikslingu pavesti Lietuvos geologijos darbų gamybiniam susivienijimui pradėti užkonservuotų naftos verslovių eksploataciją. Išgautą naftą panaudoti žemės ūkio reikalams = 1–130 Susivienijimo generalinis direktorius Bendoraitis“ (Asmeninis I. Vaičeliūno archyvas).

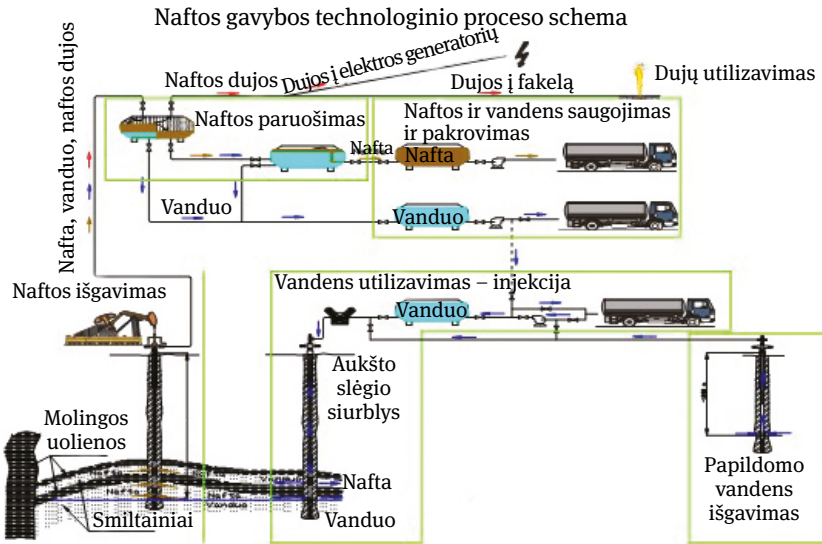
Tuo laiku Lietuvoje nebuvo naftos gavybos specialistų, trūko ir lėšų gavybos pradžiai. Siekiant panaudoti tarptautinę naftos gavybos patirtį, 1993 m. buvo įkurta Lietuvos ir Švedijos bendra įmonė UAB „Genčių nafta“ (po 50 % proc. UAB „Genčių nafta“ akcijų valdė Lietuvos bendrovė „Geonafta“ ir Švedijos įmonė „Svenska Petroleum Exploration“), kuriai suteikta teisė eksploatuoti Genčių telkinį. Vėliau tarptautinį konkursą dėl bendros įmonės įkūrimo naftos paieškų, žvalgybos ir gavybos darbams atlikti Gargždų plote laimėjo Danijos konsorciumas. 1995 m. birželio 28 d. buvo įkurta bendra Lietuvos ir Danijos UAB „Minijos nafta“, kurios licencijos plotas apėmė apie beveik 900 km² Vakarų Lietuvoje. Dar vėliau licencija buvo suteikta lietuviško kapitalo įmonei UAB „Manifoldas“ (Klaipėdos plotas) ir UAB „Lietuvos ir Lenkijos investicijos“ (Rietavo ir Raseinių plotai). Raseinių plotas dabar priklauso UAB „TAN Oil“, UAB „Diseta“ priklauso Kybartų plotas (57 pav.).

Naftos gavybą faktiškai vykdo dvi bendrovės: UAB „Minijos nafta“ Gargždų licencijos plote ir AB „LOTOS Geonafta“ – savo Girkalių, Nausodžio, Kretingos plotuose, taip pat Klaipėdos (UAB „Manifoldas“) ir Genčių (UAB „Genčių nafta“) licencijų plotuose. Gavybos procesas nėra sudėtingas. Toliau parodyta principinė naftos gavybos schema (58 pav.).



57 pav. Naftos paieškų, žvalgybos ir gavybos licencijų (leidimų) plotai Lietuvoje (LGT informacija).

Rezervuare esantis mišinys (nafta, vanduo, dujos) pro gręžinį išteka savaime arba yra išsiurbiamas į žemės paviršių. Specialiu vamzdynu jis patenka į naftos paruošimo bloką ir trijų fazių separatorių, kuriame dėl gravitacijos pasidalija į naftą, vandenį ir dujas. Naftai patekus į papildomą dehidratacinę talpą, iš jos atskiriami vandens likučiai. Iš dehidratacinės talpos nafta perteka į saugojimo talpas, o iš ten pakraunama į naftovežius ir pristatoma pirkėjams. Vanduo (sūrymas), iš separatoriaus ir dehidratacinės talpos patekęs į saugojimo talpas, aukšto slėgio siurbliu perpumpuojamas pro injekcinį gręžinį į tą patį naftingą rezervuarą – jo vandeningą dalį. Dujos utilizuojamos deginant fakelą arba generatoriui gaminant elektrą. Pirmoji naftos verslovė buvo įrengta Genčių telkinyje kaip bendras visą telkinį aptarnaujantis kompleksas (59 pav.).



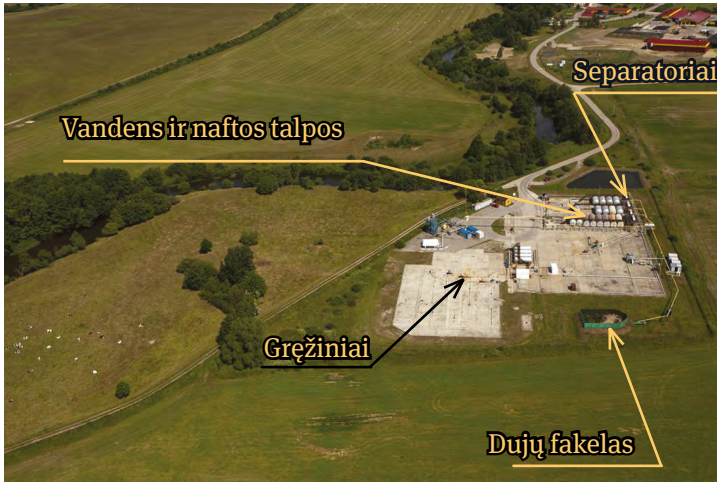
58 pav. Naftos gavybos technologinė schema (UAB „Minijos nafta“).

Kituose telkiniuose pritaikyta paprastesnė ir pigesnė naftos verslovės konstrukcija, surenkama iš atskirų modulių – separatorių, talpyklų, siurblių ir juos jungiančių vamzdinių (60 pav.).

Esant didesniajam naftingo sluoksnio slėgiui (nei naftos stulpo slėgis gręžinyje), nafta į talpyklą patenka natūraliu fontanu. Vėliau dėl pritekancio sunkaus sluoksnio vandens (kambro rezervuaro sūrymo tankis yra apie $1,13 \text{ g/cm}^3$) ir mažėjančio sluoksnio slėgio gavybai naudojami įvairūs



59 pav. Genčių naftos verslovė. UAB „Genčių nafta“ nuotr.



60 pav. Vilkycių-15 gavybos aikštelė. UAB „Minijos nafta“ nuotr.

specialūs siurbliai, kurie sumažina skysčio stulpo aukštį (jo slėgį į rezervuarą) ir išsiurbia šį skystį į paviršių. Daugiausia paplitę štanginiai (svirtiniai) siurbliai patikimai dirba esant iki $80 \text{ m}^3/\text{parą}$ skysčio debitui (61 pav.).

Didesniems skysčių kiekiams apdoroti naudojami panardinami elektriniai siurbliai, kurie gali išsiurbti $30\text{--}10\,000 \text{ m}^3$ per parą ir daugiau. Lietuvoje buvo naudojami srautiniai siurbliai ir dar iki šiol naudojami sraigtiniai siurbliai. Sūrymui gražinti į kambro rezervuarą pritaikyti aukšto slėgio (100–300 bar.) siurbliai.



61 pav. Štanginio siurblio svirtis Sakučių telkinio gavybos aikštelėje (UAB „Minijos nafta“). I. Vaičeliūno nuotr.

Naftos gavybos technologiją lemia telkinio sandara, rezervuaro savybės ir jų kaita, mišinių savybės ir kiti parametrai. Vienas svarbiausių parametru – telkinio energetinis režimas, t. y. kokios jėgos verčia skystį judėti iš rezervuaro į gręžinį. Išskiriami šie režimai:

1) tamprus režimas, kai visiškai uždarame rezervuare skysčio judėjimas į gręžinį vyksta porose dėl esančio vienfazio skysčio ir uolienos skeleto plėtimosi rezervuare mažėjant slėgiui gręžinio skylės aplinkoje;

2) aktyvus vandens slėgio režimas, kai telkinio pakraščiuose ir apačioje yra pakankamai geras hidrodinaminis naftingo rezervuaro ryšys su vandeningu rezervuaru, kuris visiškai ar beveik visai kompensuoja išgaunamo mišinio tūrį ir palaiko pastovų slėgį;

3) tamprus vandens slėgio režimas, kai ryšys su vandeningu rezervuaru nėra pakankamas, kad kraštiniai vandenys kompensuotų sumažėjusį slėgį telkinyje;

4) ištirpusių dujų režimas, kai gavybos sluoksnyje dujos, judėdamos ta pačia kryptimi, iš naftos atsiskiria į laisvą fazę, užima rezervuaro poras, stumia naftą ir vandenį link gręžinio;

5) dujų kepurės režimas, kai viršutinė struktūros dalis yra užpildyta dujomis, o apatinė – nafta: mažėjant slėgiui, dujos plečiasi ir stumia naftą link gręžinio;

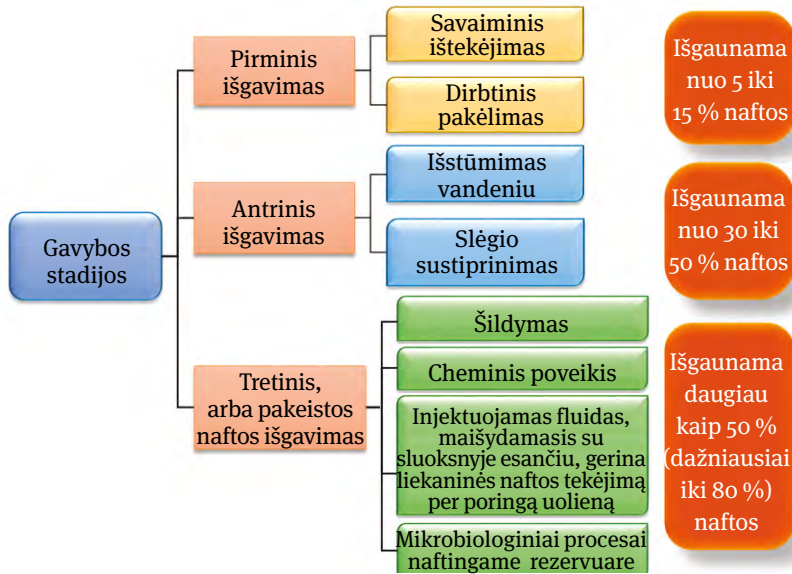
6) gravitacinis režimas, kai nafta tik dėl gravitacinių jėgų teka link gręžinio.

Palankiausias gavybai yra aktyvus vandens slėgio režimas. Toks yra daugelyje Kaliningrado srities telkinių. Lietuvoje turime mažiau palankų tamprų vandens slėgio režimą, todėl, norint palaikyti slėgį, reikia į tą patį rezervuarą nukreipti išgaunamą sluoksnio vandenį arba papildomai naudoti vandenį, patenkantį iš kitų vandens horizontų. Išskiriamos pirminė, antrinė ir tretinė gavybos stadijos (62 pav.).

Naftos gavyba prasideda pirmuose gręžiniuose esant pradiniam sluoksnio slėgiui, kai gaunama bevandenė ar mažai vandens turinti produkcija. Paprastai tai būna natūralus fontanas. Pirminėje gavybos stadijoje renkami duomenys apie produktyvumą ir slėgio kaitą rezervuare, tikslinami gavybos režimo parametrai, planuojami tolesnės gavybos veiksmi ir būdai. Pirminė gavyba duoda apie 10 % telkinyje esančios naftos.

Antrinėje gavybos stadijoje dirbtinai gerinamos tekėjimo sąlygos didinant skvarbumą (hidraulinis uolienų ardymas), palaikant slėgį ir stumiant skysčio masę nuo injekcinių į gavybos gręžinius, sustumiamas vanduo ir dujos. Antrinėje gavybos stadijoje išgaunama apie 40 % naftos.

Tretinėje gavybos stadijoje keičiamos naftos savybės rezervuare – mažinamas jos klampumas pašildant ir įpurškiant anglies dvideginį, kuriam tirpstant mažėja angliavandenilių klampumas. Šioje stadijoje taip pat



62 pav. Gavybos stadijos (Quraishi et al., 2021).

veiksmingai pritaikomos paviršiaus aktyvios medžiagos, mažinančios angliavandenilių sukibimą su uoliena, suleidžiami mikroorganizmai, kurie maitinasi angliavandeniliais, o jų išskiriami produktai gerina naftos išgavimą. Tretinės stadijos metu galima išgauti iki 80 % naftos. Tretinėje stadijoje naudojamus metodus galima sėkmingai pritaikyti Lietuvos geologinėms sąlygoms, išgaunant likusią naftą apskaičiuotų išteklių ribose, taip pat išsiurbiant ją iš pereinamosios zonos. Krokuvos naftos ir dujų institute buvo atlikti specialūs kerno tyrimai, siekiant nustatyti CO₂ poveikį naftos išgavimui. Pocių-7 kambro rezervuaro mėginių tyrimai rodo, kad galima išgauti 7–17 % daugiau naftos (Special analyses, 2011). Tokie pat Vilkyčių-22 naftingo kerno tyrimai atskleidė, kad naudojant CO₂ naftos gavyba gali padidėti 4,7–7,4 % (Special analyses, 2014).

Teigiami laboratorinių tyrimų rezultatai paskatino atlikti praktinius bandymus telkiniuose. Pirmasis bandymas 2013 m. buvo atliktas Dieglių-1 gręžinyje. Į naftingą rezervuarą suleidus 1 000 t CO₂, gauta papildomai 210 m³ naftos. 1 t CO₂ davė 0,21 m³ papildomos naftos. 2015 m. į PŠ-2A1 gręžinį suleidus 264 t CO₂, gauta 29,4 m³ naftos. Šio bandymo rezultatas – 1 t CO₂ davė 0,11 m³ naftos.

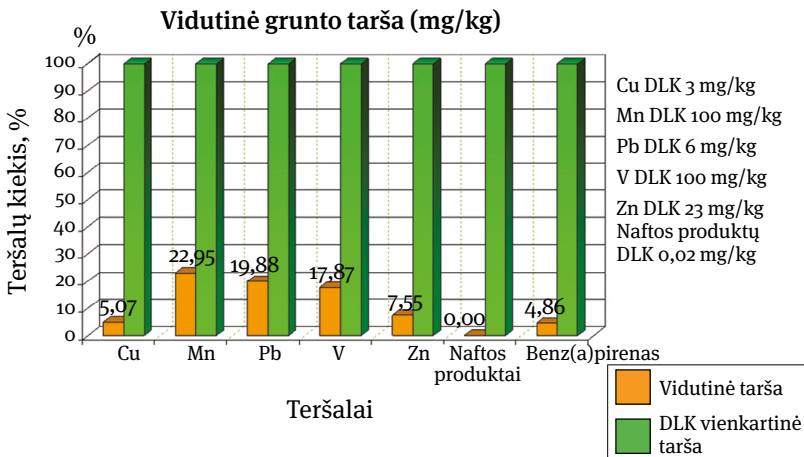
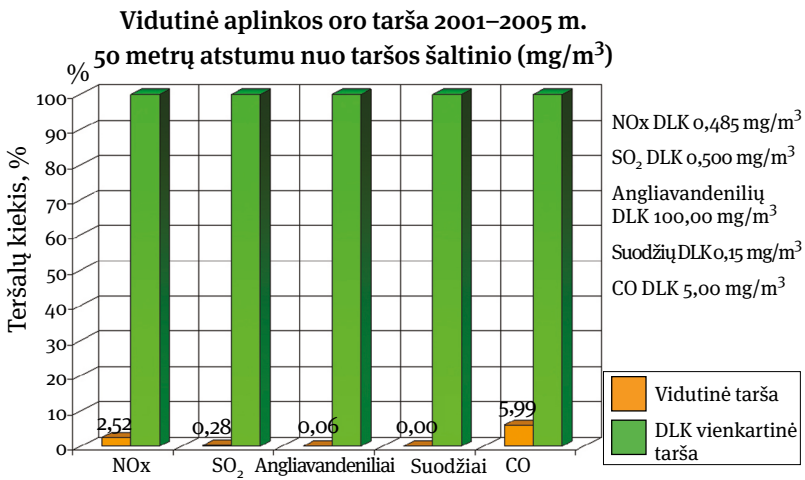
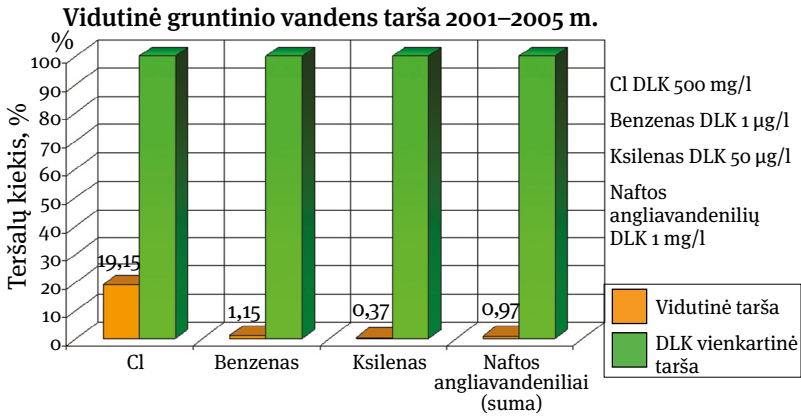
Tokie bandymai yra labai reikšmingi. Jie patvirtino tretinio naftos gavybos būdo – CO₂ injekcijos – veiksmingumą, siekiant išgauti gelmėse esantį didesnę naftos kiekį. Bandymai taip pat atskleidė techninį ir technologinį injekcijos metodo pritaikymą klimato atšilimo mažinimui, t. y. galimybę laidoti ir saugoti anglies dvideginį gelmėse.

Būtent tada, kai tarptautiniai susitarimai bei Europos Sąjungos direktyvos skatina ieškoti būdų, kaip sumažinti CO₂ kiekį atmosferoje pritaikant pastovaus jo saugojimo gelmėse metodą, Lietuva žengia priešinga kryptimi – priima Žemės gelmių įstatymo pataisą, kuri visiškai uždraudžia bet kokį anglies dioksido nukreipimą į žemės gelmes: „Draudžiama anglies dioksidą įleisti ir (ar) saugoti natūraliose ir (ar) dirbtinėse žemės gelmių ertmėse ir (ar) vandeninguose horizontuose“ (žr. Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatymas, 2023 07 01 suvestinė redakcija (ŽGĮ 2023; 14 str. 2 dalis). Turime galiojantį Lietuvos Respublikos anglies dioksido geologinio saugojimo įstatymą (2011 m. birželio 28 d. Nr. XI-1550), kuriame išsamiai aprašytos CO₂ nukreipimo į gelmes procedūros, ir tokią Žemės gelmių įstatymo nuostatą.

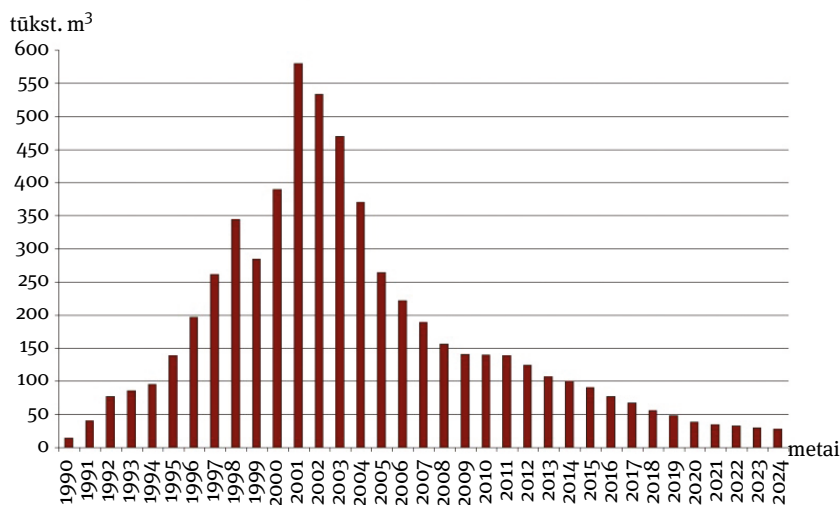
Naftos gavybos procesas yra saugus, nekeliantis pavojaus gyventojams ir aplinkai. Tą patvirtina gavybos aplinkos stebėsenos, kurią atliko UAB „Minijos nafta“ gavybos aikštelėse 2001–2005 m., duomenys. Stebėseną buvo vykdoma Lietuvos Respublikos aplinkos monitoringo įstatymo nustatyta tvarka. Monitoringo programoje buvo numatyta tirti grunto, gruntinio vandens ir oro taršą. Apibendrinti rezultatai parodyti grafikuose (63 pav.). Tačiau ilgą laiką neaptikus taršos, viršijančios nustatytas normas, stebėsenos darbų atsisakyta. Šiuo metu stebimas tik chloridų ir naftos kiekis gruntiniame vandenyje.

Naftos gavybos eiga Lietuvoje parodyta 64 paveiksle. Didžiausia gavyba vyko 2000–2004 m. – daugiau kaip 350 000 m³ per metus. 2001 m. užfiksuota didžiausia gavyba – beveik 600 000 m³, vėliau ji mažėjo. Išgaunamo skysčio kiekiai buvo panašūs, tačiau naftą keitė vanduo ir dabar 100 m³ išgauto skysčio naftos yra mažiau nei 4 m³.

Tradiciniai angliavandeniliai (nafta) Lietuvoje išgaunami tik iš sausumoje esančių naftos telkinių, išskyrus Sakučių naftos telkinį, kurio didžioji dalis yra po Kuršių mariomis. Lietuvos geologijos tarnybos duomenimis, 2024 m. Lietuvoje išgauta 27,85 tūkst. m³ naftos, ir tai yra maždaug 7 % mažiau nei 2023 metais. Naftos gavyba šalyje vykdoma jau daugiau nei tris dešimtmečius ir šiuo metu eksploatuojama 11 telkinių. 2024 m. nafta buvo išgaunama Girkalių, Kretingos, Nausodžio, Vėžaičių, Vilkyčių, Pocių, Dieglių, Sakučių, Šiūparių, Agluonėnų ir Genčių telkiniuose. Gavyba nevyko 7 telkiniuose: Ablingos, Auksoro, Ližių, Šilalės, Šiaurės Vėžaičių, Pietų Šiūparių ir Uoksų. Teisė naudoti angliavandenilių išteklius suteikta aštuonioms bendrovėms: AB „LOTOS Geonafta“, UAB „Minijos nafta“, UAB „Manifoldas“, UAB „Genčių nafta“, UAB „Troba“, UAB „LL investicijos“, UAB „TAN Oil“ ir UAB „Diseta“. Nuo 1990 m. iki 2024 m. gruodžio 31 d. Lietuvoje išgauta apie 5 596 tūkst. m³ naftos. Išgaunamųjų išteklių likutis 2024 m. pabaigoje siekė 2 131,97 tūkst. m³. 2024 m. gruodžio 31 d. duomenimis (2025 03 27 Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos



63 pav. Taršos stebėseną UAB „Minijos nafta“ naftos gavybos aikštelėse. Žali stulpeliai žymi didžiausią leistiną cheminės medžiagos koncentraciją, rudi – faktiškai rastų medžiagų kiekius. Tyrimų apimtis – apie 50 kiekvienos rūšies mėginių.



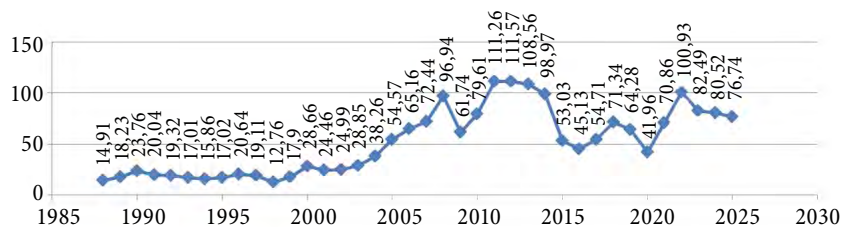
64 pav. Naftos išteklių gavyba Lietuvoje 1996–2024 m. (LGT duomenys).

Giluminės ir naftos geologijos skyriaus informacija), Lietuvoje veikė 83 eksploataciniai gręžiniai: 36 naftos gavybos, 26 stebimieji ir 21 injekcinis.

Vienas iš pagrindinių veiksnių, skatinančių naftos gavybą, yra naftos kaina. Lietuvoje išgaunama nafta yra praktiškai be sieros junginių, ją lengva perdirbti. Tokia nafta pasaulyje turi specialų pavadinimą – „saldži nafta“ (angl. *Sweet crude oil*). Ji atitinka *Brent* naftos rūšį (65 pav.).

Naftos kaina, svyravusi apie 20 ir mažiau JAV dolerių už barelį, 2000 m. pradėjo kilti ir per 8 metus priartėjo prie 100 dolerių. 2011–2013 m. ji viršijo 100 JAV dolerių, vėliau stabilizavosi maždaug ties 70–80 dolerių už barelį.

Lietuvos naftos gavybos potencialas ir kiekis neturi įtakos nei pasaulinei naftos kainai, nei jos gavybai ar naudojimui. Tačiau naftos gavyba darė ir vis dar daro tam tikrą teigiamą įtaką šalies ekonomikai. Tai susiję su mokesčiais ir socialine aplinka. Be įprastų įmonėms taikomų pelno, turto, gyventojų pajamų ir kitų mokesčių, gavybos įmonės moka angliavandenių išteklių mokestį. Toks Lietuvos Respublikos angliavandenių išteklių



65 pav. *Brent* naftos vidutinė metinė kaina \$/barelį (pagal Macrotrends, 2025).

mokesčio įstatymas (dabar galioja 2023 01 01 suvestinė redakcija, AIMĮ, 2023) buvo priimtas 1992 10 07. Bazinis mokesčio tarifas – 20 % išgautos naftos ir dujų pardavimo kainos. Už naftą ir dujas, išgaunamas valstybės lėšomis surastuose ir išžvalgytuose telkiniuose, bazinis mokesčio tarifas padidinamas 9 punktais. Kadangi pagrindiniai telkiniai buvo rasti dar sovietiniais laikais, praktiškai 30 % nuo parduotos naftos keliavo tiesiai į valstybės biudžetą.

Įstatymas daug kartų buvo keičiamas ir taisomas. Vienas ryškesnių pakeitimų buvo padarytas 2015 01 01, kai nutarta 90 % mokėti į valstybės biudžetą ir 10 % – į savivaldybės, kurios teritorijoje išgaunami angliavandenilių išteklių, biudžetą. Per visą gavybos laikotarpį nuo 1990 m. iki 2024 m. išgauta 5,6 mln. m³ naftos. Vidutiniškai mokestis siekia 20 %. Tai reiškia, kad 1,12 mln. m³ naftos atiduota valstybei, ir tai sudaro 255 mln. eurų, arba 46 eurus už kiekvieną išgautą naftos kubinį metrą. Šis mokestis pasaulyje vadinamas karališkuoju – *Royalty* – mokesčiu.

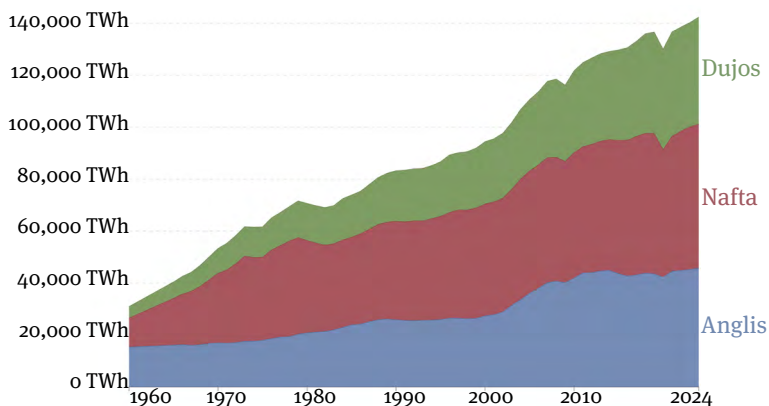
Naftos gavybos piko metu 2005–2015 m. naftos gavybos įmonės buvo tarp didžiausių mokesčių mokėtojų į Lietuvos biudžetą. Jose dirbo apie 500 aukštos kvalifikacijos gerai apmokamų darbuotojų. Naftos paieškos, žvalgybos ir gavybos darbai suteikė išskirtinių žinių apie Lietuvos gelmes ir jų turtus, atskleidė įvairias gelmių naudojimo galimybes.

Žvilgsnis į ateitį

„Naftos gavyba ir jos produktų naudojimas yra pagrindinis klimato krizės veiksnys. Simboliška: vos paskelbus, jog 2024-ieji buvo šilčiausi per visą Lietuvos istoriją, kai net 2,1 laipsnio buvo viršytas daugiametis temperatūros vidurkis, Lietuvos valstybė apsigynė nuo veiklos, kuri labiausiai ir lemia tokius dramatiškus pokyčius atmosferoje ir gamtoje“, – 2025 m. sausio mėn. džiaugėsi buvęs aplinkos ministras S. Gentvilas. **Nuo kokios veiklos Lietuva apsigynė?** Ar galime vieni apsiginti ir į kokią rūbą tai įvilkti, kad „dramatiški pokyčiai atmosferoje ir gamtoje“ nepaliestų Lietuvos valstybės?

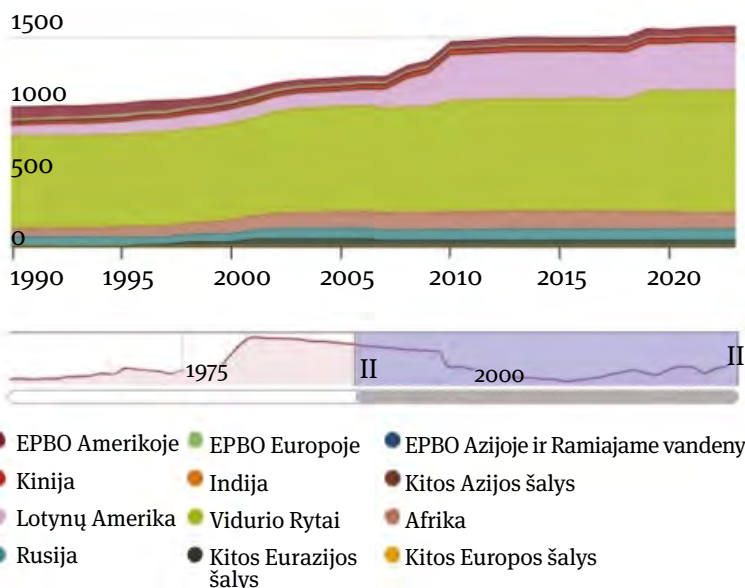
Kokios tendencijos matomos pasaulyje? Iškastinio kuro panaudojimas 1990–2023 m. parodytas 66 paveiksle. Anglies, naftos ir dujų bendra vartoseną išaugo nuo daugiau nei 80 tūkst. iki 140 tūkst. teravatvalandžių, t. y. vos ne dvigubai. Per 10 metų, t. y. 2013–2023 m., ji padidėjo nuo 128,5 iki 140 TWh (11,5 TWh – beveik 10 %).

Patvirtinti (pagal lietuvišką klasifikaciją – detalai išžvalgyti) naftos išteklių pasaulyje per 10 metų išaugo nuo 1 490,25 iki 1 569,06 mlrd. barelių, t. y. 79,1 mln. barelių, arba beveik 5 % (67 pav.). Naftos gavyba per tą patį 10 metų laikotarpį padidėjo nuo 72,5 iki 73,2 mln. barelių per dieną, t. y. 0,7 mln. barelių, arba 1 % (68 pav.).



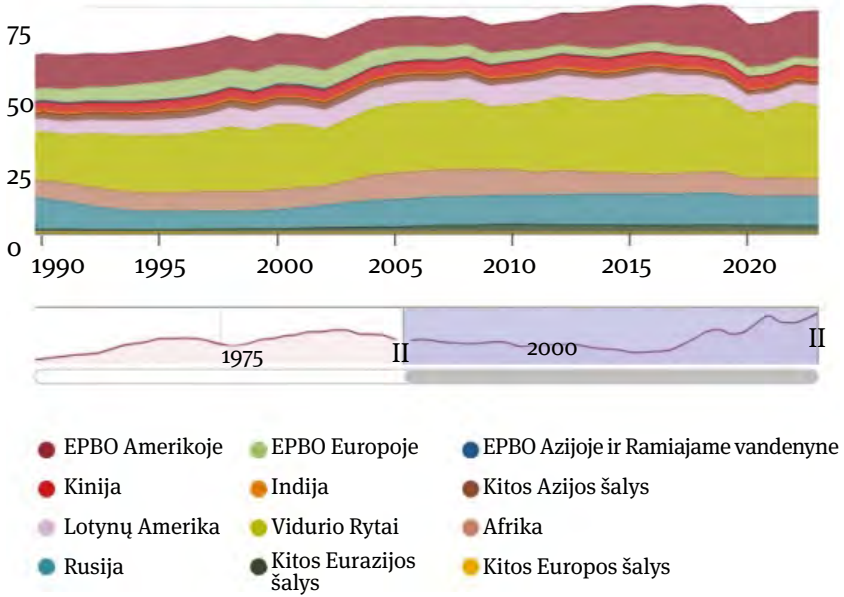
66 pav. Iškastinio kuro – anglies, naftos ir dujų panaudojimas pasaulyje (Ritchie, Rosado 2024).

Pasaulinė duomenų ir verslo įžvalgų platforma „Statista“ 2025 m. skelbia didesnius naftos gavybos skaičius (žr. 69 pav.): 2023 m. sausio mėn. buvo išgauta 98,3 mln. barelių per dieną, 2025 m. sausio mėn. – jau 102,8 mln. barelių per dieną, t. y. 4,5 % daugiau, o iki 2025 m. birželio mėn. numatytas dar didesnis augimas.

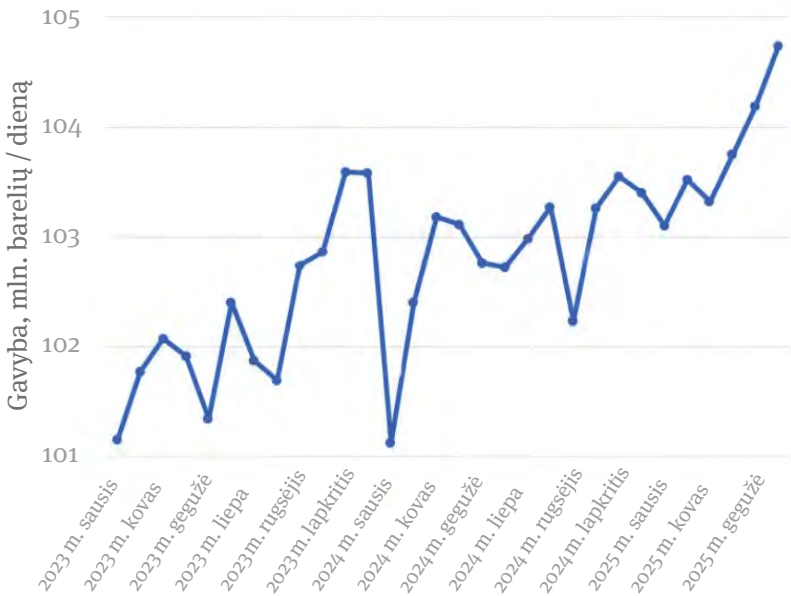


67 pav. Detaliai išžvalgyti naftos ištekliai pasaulyje (mlrd. barelių) (OPEC Annual, 2024).

4 skyrius



68 pav. Naftos gavyba pasaulyje (mln. barelių / dieną) (OPEC Annual, 2024).

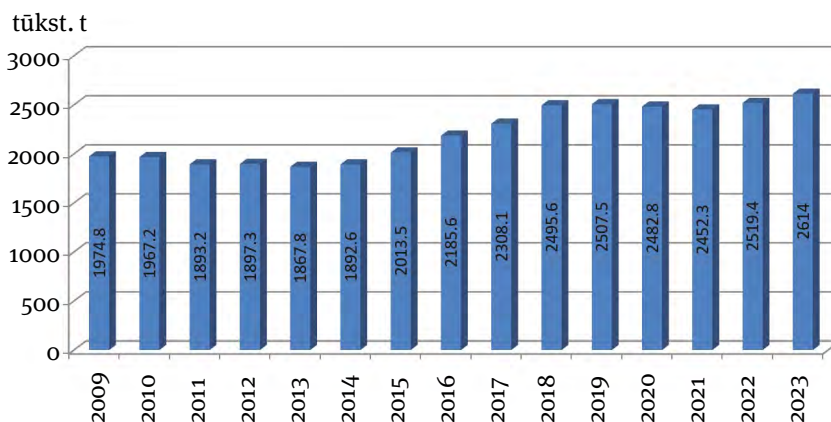


69 pav. Naftos gavyba pasaulyje 2023 m. sausio mėn. – 2025 m. gegužės mėn. (Global oil, 2025).

Kaip matome, tiek viso iškastinio kuro, tiek konkrečiai naftos gaavyba ir naudojimas pasaulyje didėja. Auga apsirūpinimas išžvalgytais ištekliais. O kaip yra Lietuvoje? Lietuvos energetikos ministerija skelbia, kad pagrindinių naftos produktų (benzino, dyzelino, gazolio šildymui, mazuto, suskystintos naftos dujų, žibalinių reaktyvinių degalų ir aviacinio benzino, naftos bitumo) sunaudojimas Lietuvoje nuolat auga (70 pav.). Per 10 metų – nuo 2013 m. iki 2023 m. jų sunaudojimas padidėjo 747 tūkst. t, arba 40 %.

Šie duomenys rodo, kad Lietuvoje iškastinio kuro, naftos sunaudojimas per 10 metų augo 10 kartų greičiau negu bendrai pasaulyje. Sunku suvokti, apie ką tuomet kalba buvęs aplinkos ministras, dabartinis Seimo narys Simonas Gentvilas. Čia pacituosime Žilviną Šilėną, buvusį Lietuvos laisvosios rinkos instituto prezidentą: „...tvary (subalansuota) plėtra nėra nieko nedarymas. Balanso tarp plėtros ir nieko nedarymo seniai nebėra, nes jis nustumtas į „nieko nedarymo“ pusę ... Susidaro įspūdis, kad šalies ekonominę politiką formuoja kelios priešingos kryptys. Viena – investicijų ir plėtros, kita – **užsikonservavimo ir nieko nedarymo**. Dar daugiau, konservuojama ne tik valstybės, bet ir privati nuosavybė. Nepastatyti namai, nepritrauktos investicijos, nesukurtos darbo vietos ir ekonominės gėrybės – visa tai yra **kaina, kurią sumokame už nesuprantamą nieko nedarymo** [išskirta – I. V.] strategiją. Nesvarbu, kiek žmoniškųjų, gamtinių ar kitų išteklių turėtume, jie gi nekurs gerovės, jei jais bus draudžiama naudotis“ (žr. Šilėnas, 2012).

Tai puikiai iliustruoja požiūrį į naudingąsias iškasenas, tarp jų ir į angliavandenilius. Pasaulinei naftos kompanijai „Chevron“, planavusiai



70 pav. Pagrindinių naftos produktų panaudojimas Lietuvoje. Energetikos ministerijos duomenys (Nafta, 2024).

didžiules investicijas į gelmių tyrimą, skalūnų naftos gavybą, pasakėme „Lauk!“ UAB „Minijos nafta“, pradėjusiai diegti pažangius tretinius naftos gavybos būdus, uždraudėme tai daryti. Kaimynai vykdo naftos gavybą jūroje, o Lietuva nėra jos įteisinusi. Neleidžia jos išgauti ir iš telkinių po Kuršių mariomis. „Mes nesutinkame, kad tai vyktų šalia saugomos teritorijos“, – sakė S. Gentvilas. Ministras net užsiminė, kad Lietuvoje gali būti siekiama visiško naftos gavybos ribojimo. „Naftos gavyba skatinama tikrai nebus. Mus tenkina pastebimas natūralus šių išteklių gavybos mažėjimas ir ministerijoje yra svarstoma galimybė iš viso nutraukti jos gavybą sausumoje“, – neslėpė buvęs ministerijos vadovas.

Be to, S. Gentvilas pripažino, kad ministerijoje svarstoma galimybė pareikalauti iš Rusijos, kad ši susimokėtų už išgaunamą naftą Kaliningrado srityje, prie pat sienos su Lietuva, eksploatuojamame D6 telkinyje. Jūroje esanti D6 platforma matoma iš Nidos paplūdimio ir, pasak S. Gentvilo, tikėtina, kad telkinys apima abiejų valstybių teritoriją. Tokiu atveju pagal pasaulinę praktiką šio telkinio eksploatuotojai turėtų dalytis gaunama nauda. „Tiesa, prieš tai Lietuva turėtų išžvalgyti šį telkinį ir įrodyti, kad rusai siurbia ir mums priklausančią naftą. Tokia viso jūrinio ekonominio arealo žvalgyba mums kainuotų 3–5 mln. eurų ir dabar svarstoma, ar tai mums ekonomiškai naudinga. Be to, tokiais tyrimais suinteresuotas mūsų šalies mokslas“, – teigė buvęs Aplinkos ministerijos vadovas (Gentvilas, 2021).

Apibendrinant tai, kas išdėstyta, privalome pripažinti, kad, nepaisant klimato pokyčių, ir šiandien angliavandeniliai išlieka svarbiausia ekonomikos sudedamąja dalimi. Pasaulyje nustatyti jų ištekliai, gavyba ir naudojimas didėja. Lietuvoje naftos produktų naudojimo augimas yra kur kas didesnis nei pasaulyje. Drausdami naudoti savus išteklius mes nė kiek neprisidedame prie vadinamojo „žaliojo kurso“. Atvirkščiai: didžiuliai kiekiai CO₂ išmetami į atmosferą, kol nafta iš Artimųjų Rytų, JAV ir kitų šalių pasiekia gamyklą Mažeikiuose. Mes netenkame investicijų, darbo vietų, mokesčių į biudžetą.

Atsikratę šio liguisto požiūrio ir pasinaudoję valstybės raidos nuostatomis, išsakytomis Lietuvos Respublikos teritorijos bendrajame plane, galėtume:

- 1) vystyti naftos paiešką, žvalgybą, gavybą Baltijos jūroje;
- 2) grįžti prie išsklaidytųjų angliavandenilių tyrimo Vakarų Lietuvoje;
- 3) taikyti tretinius naftos išgavimo būdus (sustumiant CO₂) ir kitus pasaulyje naudojamus metodus. Tuo stipriai prisidėtume prie valstybės ekonomikos augimo – gerovės kūrimo.

Kitas turtas – žemės gelmių šiluma ir ertmės

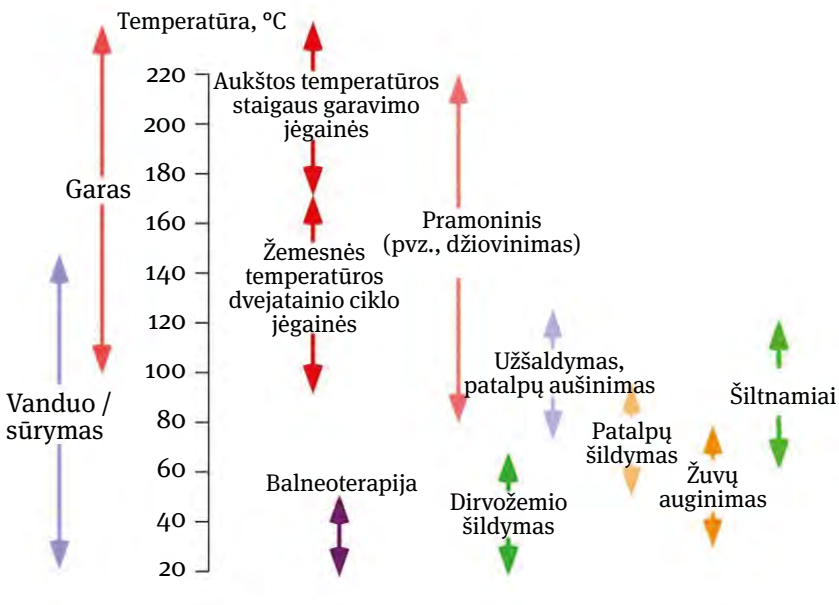
Naftos paieškų, žvalgyimo, gavybos darbai padėjo išsamiau pažinti gelmes, kristalinio pamato, visos nuosėdinės stromės vertingų gelmių savybes, parodė įvairias tikslinio ir vertingo gelmių naudojimo galimybes.

Geoterminė energetika

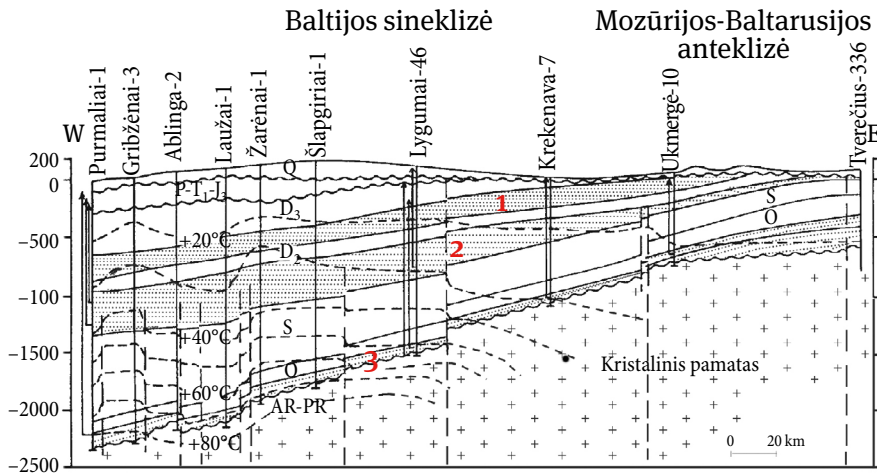
Pirmiausia reikia paminėti, kad šiame skyrelyje bus kalbama apie giliają geotermiją. Seklioji geotermija, kaip atskira tema, aptarta ketvirtame skyriuje.

Lietuva turi reikšmingą geoterminės energijos potencialą. Gudnis Axelssonas, Geoterminės energijos mokymo programos direktorius iš Islandijos, 2024 m. Klaipėdoje aptarė geoterminės energijos panaudojimo sritis – nuo balneoterapijos, sniego tirpdymo, žuvų auginimo iki džiovavimo ir elektros gamybos (71 pav.).

Lietuvoje temperatūriniai matavimai buvo atlikti 204 giliuose gręžiniuose. Gelmių temperatūra (pūvyje nuo Klaipėdos iki Tverėčiaus) parodyta 72 paveiksle. Aukščiausia temperatūra nustatyta Pietvakarių Lietuvoje. Kristalinio pamato paviršiuje, Ramučių-1 gręžinio 2 231 m gylyje, išmatuota 101,4+ °C temperatūra, kambro kraigo 2 096 m gylyje – +94,6 °C, gretimuose gręžiniuose kambro paviršiuje – Meškinės-1 2 022 m gylyje – +95,3 °C ir Meškinės-3 2 034 m gylyje – +96 °C.



71 pav. Geoterminės energijos panaudojimo sritys (Axelsson, 2024).

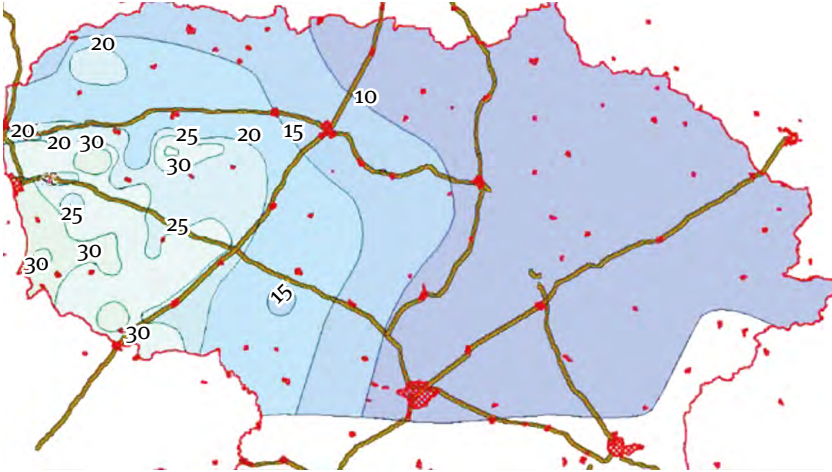


72 pav. Geologinis pjūvis nuo Klaipėdos (gręžinys Purmaliai-1) iki Tverečiaus. Smulkiu punktyru parodytos vienodos temperatūros linijos: 1 – Šventosios-Upninkų kompleksas, 2 – vidurinio–apatinio devono kompleksas, 3 – kambro vandeningasis kompleksas (Suveizdis, 2005).

Giliosios geoterminės energijos projektus galime padalyti į dvi grupes. Pirmoji apima šiltus ir karštus vandeningus horizontus, antroji – šiluminę energiją, esančią karštose (sausose) kristalinio pamato uolienose. Pirmajai grupei galime priskirti **D₃₋₂ šv-up vandeningąjį kompleksą**. Tai silpnai sucementuotas smiltainis, prisotintas sūrymo. Šis kompleksas yra 350–630 m gylyje, bendra jo mineralizacija – 35 g/l. Į rytus ir šiaurę mineralizacija mažėja, ir Rytų Lietuvoje 20–100 m gylyje randamas gėlas požeminis vanduo. Komplexo vandenys tinkami baseinams šildyti, žuvininkystei, balneologijai. Klaipėdoje rengiami projektai panaudoti Šventosios-Upninkų komplekso sūrymą, kurio temperatūra apie +30 °C, viešbučių šildymui bei balneologijai (73 pav.).

Giliau, po Narvos (D₂nr) regionine vandenspara, yra **vidurinio–apatinio devono vandeningasis kompleksas**. Vidurio Lietuvoje jo paviršius yra 300–400 m gylyje, temperatūra – apie +20 °C. Pietvakarių Lietuvoje jis panyra į 900–950 m gylį, temperatūra siekia +40 °C ir daugiau laipsnių (74 pav.). Bendra mineralizacija kinta nuo 30 iki 100 g/l. Šis sūrymas turi daugiau jodo, o bromo koncentracija kai kur viršija kondicinę (350 mg/l) reikšmę.

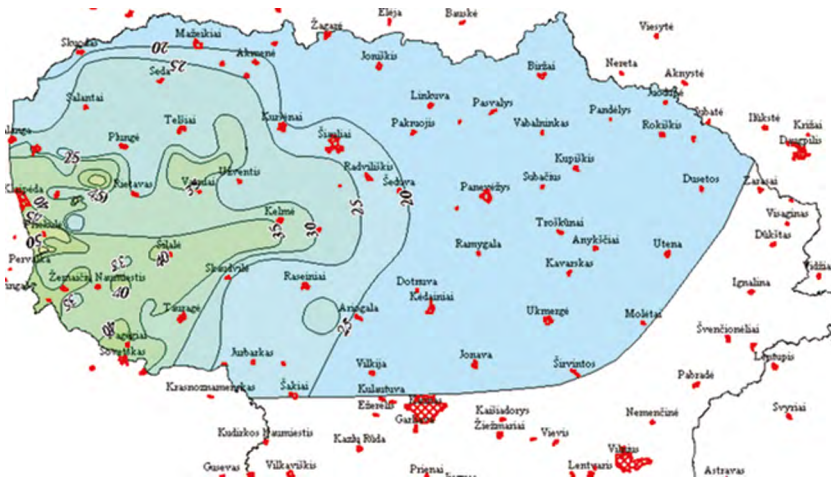
Klaipėdos parodomoji geoterminė jėgainė yra pirmoji geoterminio šildymo jėgainė Baltijos šalyse (75 pav.). Ši jėgainė eksploatavo 4 gręžinius: 2 – vandens gavybai ir 2 – sustūmimui į tą patį sluoksnį. SiurbLIAI tiekė +38 °C geoterminį vandenį iš 1 000–1 120 m gylyje esančio devono sluoksnio. Iš žemės gauta šiluma panaudojama iš miesto į jėgainę atkeliaujančiam



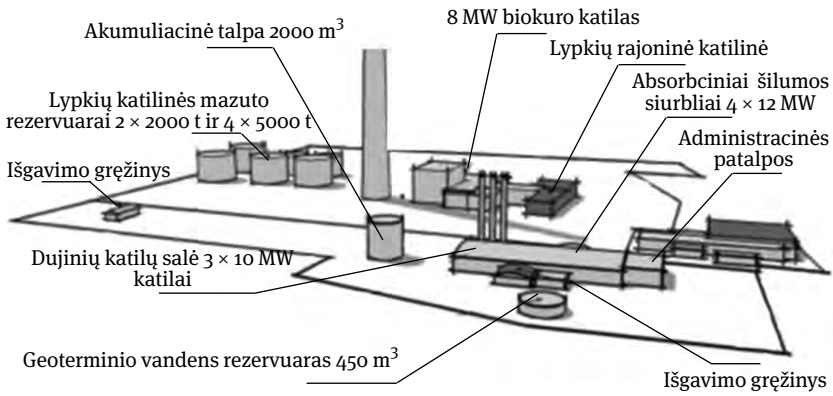
73 pav. Šventosios-Upninkų vandeningojo komplekso paviršiaus temperatūrų žemėlapis (Šliaupa et al., 2008).

termofikaciniam vandeniui šildyti. Jėgainę pasiekia apie +40 °C vanduo. Šilumos mainais vanduo šiluminiu siurbliu šildomas iki +70 °C.

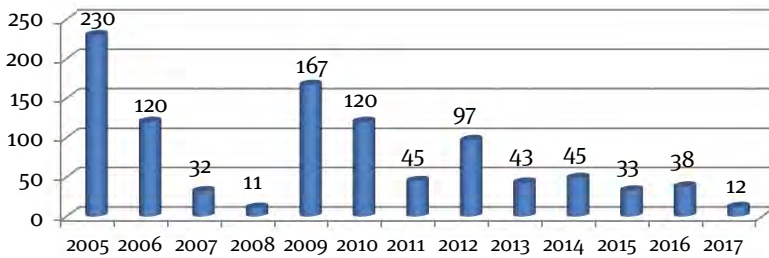
Jėgainė pastatyta 2001 metais. Po ilgų derinimų ir bandymų ji pradėta eksploatuoti 2005 m., tačiau susidurta su daugybe problemų. Pagrindinė jų – sūrymo sugražinimas į gelmes. Šiuo metu jėgainė neveikia, bet Klaipėdos savivaldybė puoselėja planus atkurti šią veiklą. Šiluminės energijos gavybos kiekiai parodyti 76 paveiksle. Nepavykęs



74 pav. Vidurinio-apatinio devono vandeningojo komplekso paviršiaus temperatūrų žemėlapis (Šliaupa, 2008).



75 pav. Klaipėdos parodomoji geoterminė jėgainė – pirmoji geoterminio šildymo jėgainė Baltijos šalyse (nuotrauka ir schema) (Klaipėdos parodomoji, 2025).



76 pav. Šiluminės energijos gamyba (tūkst. MWh) Klaipėdos parodomajoje geoterminėje jėgainėje (Klaipėdos parodomoji, 2024).



77 pav. Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų instituto Žuvininkystės ir akvakultūros laboratorija. Andriaus Kundroto nuotr.

pirmas projektas neturėtų išgąsdinti, nes kiti projektai gali būti sėkmingesni. Pagaliau ir šis projektas tikrai gali būti atkurtas ir sėkmingai naudojamas.

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų instituto Žuvininkystės ir akvakultūros laboratorijoje vykdomi sūriavandenės akvakultūros plėtros tyrimai. Eksperimentai atliekami su krevetėmis ir vaivorykštiniais upėtakiais (77 pav.). Šiems tyrimams naudojamas specialiai paruoštas vidurinio ir apatinio devono vandeningojo komplekso sūrymas, išgaunamas geoterminės jėgainės gręžiniuose.

Apie eksperimento tikslus pasakoja Jūros tyrimų instituto Žuvininkystės ir akvakultūros laboratorijos vadovas dr. Nerijus Nika: „Vakarų Lietuvos geoterminiai išteklių yra smarkiai mineralizuoti, jų sudėtis labai artima jūros sudėčiai, todėl jie potencialiai gali tapti puikiu druskos šaltiniu, vystant sūriavandenę akvakultūrą Baltijos jūros regione. Tai itin aktualu iš verslo vystymo perspektyvos, nes sūriavandenė akvakultūra turi didesnę pridėtinę vertę. Testavimams pasiteisinus, geoterminio vandens naudojimas leistų sukurti didelį regioninį konkurencinį pranašumą“ (Klaipėdos universitetas, 2024).

Apatinio–vidurinio devono sūrymo poveikį žmonių sveikatai nagrinėjo biomedicinos mokslų daktarė Lolita Rapolienė, Klaipėdos universiteto rektorius, biomedicinos mokslų daktaras prof. Artūras Razbadauskas, Klaipėdos universiteto profesorius, medicinos technologijų srities tyrėjas Arvydas Martinkėnas. 2012 m. tyrimams buvo panaudotas geoterminės jėgainės 2P gręžinio sūrymas iš 1 135 m gylio. Geoterminio vandens

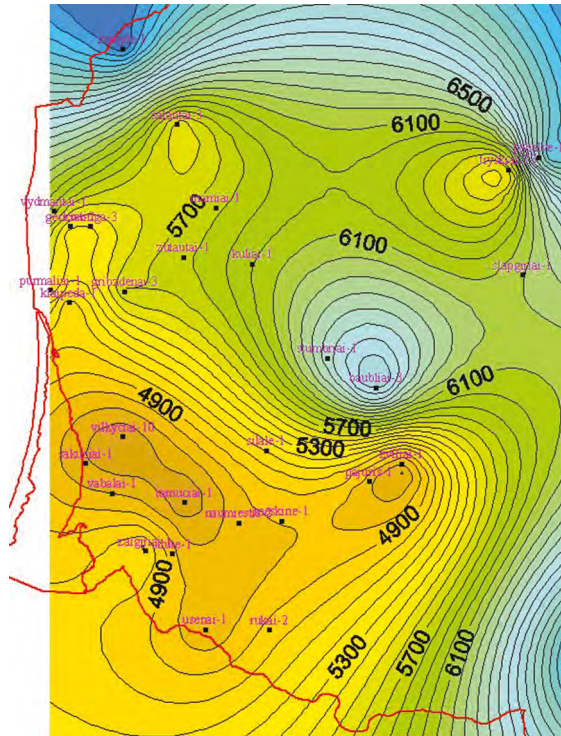
mikroelementų: bromo – 1 109 mg/l, jodo – 3,5 mg/l (Žalgirių-1 gręžinys Šilutės r.).

Kambro vandeningojo horizonto panaudojimą energetiniams tikslams apsunkina blogesnės kolektorinės savybės karščiausioje zonoje, tačiau taikant horizontalų gręžimą ir hidraulinių uolienu ardymą, galimas didelis karšto vandens gavybos ir suleidimo debitas. Vidurio, Šiaurės ir Rytų Lietuvoje, kur temperatūra yra 50 °C ir žemesnė, didelis debitas gali būti pasiektas ir be papildomų pastangų. Panaudojus esamus naftos gręžinius bei infrastruktūrą, galima pasiekti gerą ekonominį efektą įsisavinant geoterminę energiją.

Padaryti šiuos projektus patraukliais gali kompleksinis sūrymo panaudojimas šiluminei energijai gauti, kai kuriems elementams, pavyzdžiui, bromui, išgauti, balneologijos tikslams, žuvininkystei, kelių priežiūrai vasarą (mažinant žvyrkelių dulketumą) ir žiemą (mažinant apledėjimą). Vilniaus Gedimino technikos universiteto Aplinkos inžinerijos fakulteto Kelių tyrimo institutas UAB „Minijos nafta“ užsakymu 2024 m. atliko ledo tirpdyimo naftos gavybos sūrymu iš kambro vandeningojo horizonto efektyvumo tyrimus skirtingomis sąlygomis. Kelių tyrimo instituto mokslininkų išvada: sūrymą galima naudoti šarmos atveju esant iki –3 °C temperatūrai (KTI, 2024).

Kitas geoterminės energijos pritaikymas gali būti aukštos temperatūros sausų **kristalinio pamato uolienu šilumos naudojimas**. Vydmantų-1 gręžinyje prie Palangos pro proterozojaus–archėjaus kristalines uolienas yra pragręžtas 441 m intervalas (2 123–2 564 m). Temperatūra intervalo pradžioje yra +75,7 °C, paskutiniame matavimo taške 2 440 m gylyje siekia +83,6 °C. Temperatūrinis gradientas yra 2,5 °C/100 m. Žinoma, kad temperatūrinio gradiento reikšmei turi įtakos uolienu sudėtis ir fizinės savybės. Nors išsamių duomenų apie kristalinio pamato savybes ir sudėtį neturime, tačiau orientacijai apie temperatūros prognozę gilumoje galime pasitelkti Vydmantų-1 gręžinyje išmatuotą temperatūrą.

Esant 2,5 °C/100 m gradientui, kas 1 000 metrų galime tikėtis 25 °C aukštesnės temperatūros. Taigi Vydmantų-1 gręžinio 3 100 m gylyje galime tikėtis 100 °C, 4 100 m gylyje – 125 °C, 5 100 m gylyje – 150 °C temperatūros ir t. t. Pro dirbtinius plyšius 4–5 km gylyje sukėlę vandens cirkuliaciją, galėtume paviršiuje gauti garus ir gaminti elektrą. Tokie planai yra puoselėjami, svarstomos galimybės juos įgyvendinti prie Klaipėdos, Gelgaudiškio, Tauragės. Naftininkai yra gerai įvaldę tokio gylio gręžinių su dirbtiniais plyšiais įrengimą. Ten, kur kambro paviršiuje yra aukštesnė temperatūra (apie Šilalę, Šilutę, Priekulę, Klaipėdą), 4–5 km gylyje temperatūra gali siekti 135–160 °C. Sauliaus Šliaupos sumodeliuoti +150 °C izotermos gyiliai Vakarų Lietuvoje parodyti 79 paveiksle.



79 pav. +150 °C izotermos gylių žemėlapis
Vakarų Lietuvoje (Šliaupa, 2019).

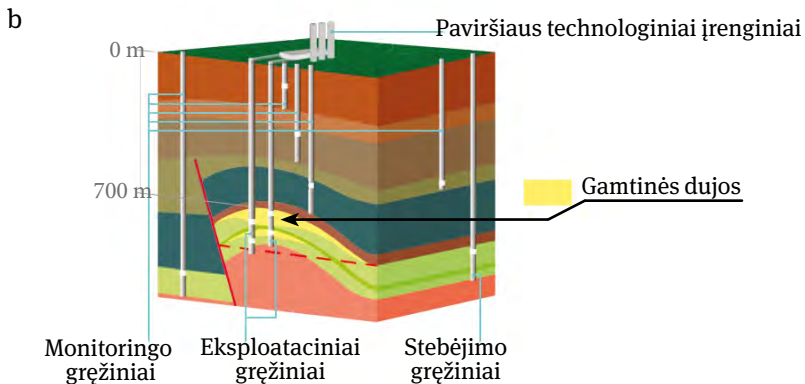
Tokie projektai gali tiekti elektros ir šilumos energiją ir veikti kaip energijos kaupikliai, kurie padėtų subalansuoti saulės ir vėjo jėgaines, o esant saulės ir vėjo elektros pertekliui, suleisti skystį į dirbtinius plyšius. Neturint pakankamai saulės ir vėjo energijos, šis skystis, paviršiuje virtęs garu, galėtų sukurti garo turbinas ir gaminti elektrą.

Žemės gelmių ertmės

Kaip pastatai, kuriuose saugomos įvairiausios vertybės, yra turtas, taip ir žemės gelmėse esančios ertmės bus vertingas gelmių turtas, jeigu tas ertmės veiksmingai naudosime. Žemės gelmių įstatyme parašyta: „Žemės gelmių ertmės – natūralios ertmės uolienose, jų sluoksniuose ir dirbtinės ertmės, susidariusios išgaunant naudingąsias iškasenas arba specialiai įrengtos“. Apie dirbtinius plyšius kristaliniame pamate rašėme anksčiau skyrelyje. Dabar panagrinėkime natūralių ertmių naudojimo galimybes. Natūralios ertmės – tai poros tarp smėlio ir / ar smiltainio grūdelių, įvairios tuštumos, kavernos, susidariusios tirpstant mineralams, uolienų plyšiai ir įvairios šių objektų kombinacijos.

Dujų saugyklos. Jos gali būti įrengtos išnaudotose naftos ar dujų struktūrose ar panašiose sandariose ertmėse. Išnaudoti telkiniai yra kur kas patikimesnis pasirinkimas, nes tai, kad juose susikaupę angliavandeniliai neišsisklaidė per milijonus metų, leidžia tikėtis, kad dujos bus saugios per visą tokių projektų gyvavimą (100, 1000 ir daugiau metų). Gyvename neramiais laikais. Griūna didžiausios užtvankos (Kachovka), sprogsa dujotiekiai („Nord Stream“), aplink didžiausią Europoje atominę elektrinę mėtomos bombos (Zaporožės atominė elektrinė), todėl reikia labiau rūpintis valstybės saugumu. Jei gyventojai raginami turėti išgyvenimo krepšelius, tai ir valstybė privalo rūpintis visos valstybės saugumu. Energetinis saugumas yra vienas didžiausių prioritetų.

Reikšmingą vaidmenį energetikoje atlieka gamtinės dujos. Turime suskystintų gamtinių dujų laivą-saugyklą „Independence“, kuris priima suskystintas gamtines dujas, paverčia jas dujomis ir perduoda magistraliniams dujotiekiams (žr. 8o pav.). Dujotiekiais dujos tiekiamos vartotojams ir kaupiamos vienintelėje Baltijos šalyse – Latvijoje



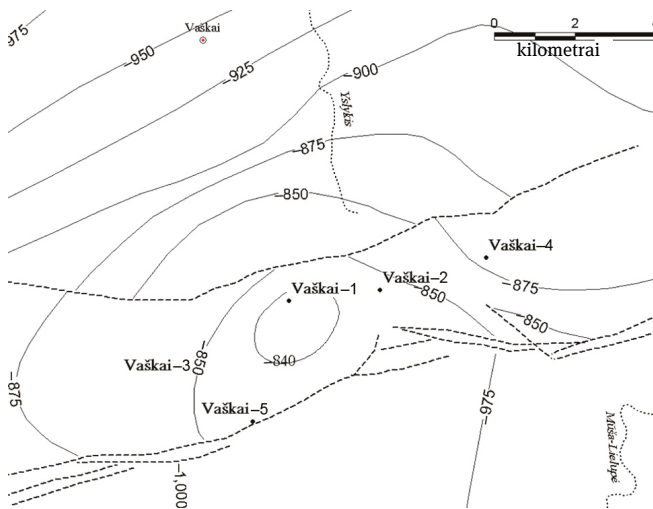
8o pav. Suskystintų gamtinių dujų laivą-saugyklą „Independence“ priima suskystintas gamtines dujas iš ARCTIC VOYAGER dujovežio (a) (Klaipėdoje – 42-asis laivas, 2018); Inčiukalnio požeminė dujų saugykla kambro smiltainio ertmėse (b) (Inčiukalns požeminė, 2014).

esančioje Inčiukalnio požeminėje dujų saugykloje, įrengtoje kambro smiltainio ertmėse (80 pav.). Jeigu turėtume daugiau saugyklų, būtume labiau apsaugoti nuo įvairių grėsmių ir galėtume lanksčiau išnaudoti gamtinių dujų laivo-saugyklos „Independence“ galimybes, pirkti dujas geriausiomis kainomis, teikti saugojimo paslaugas kaimynams ir iš šios veiklos gauti ekonominę naudą.

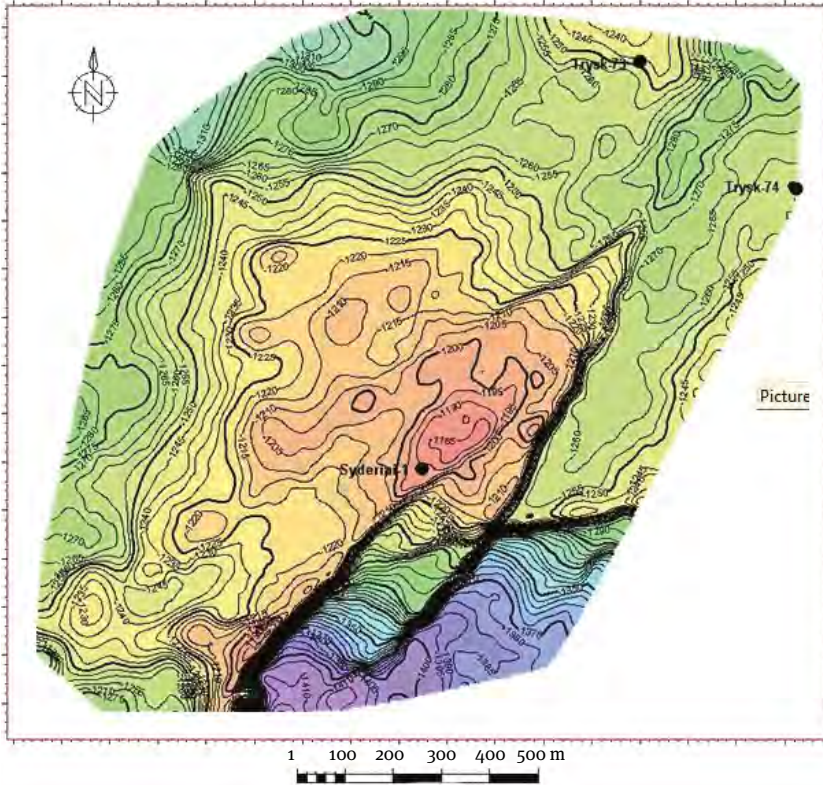
Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje rašoma apie išaugusį pavojų, ypatingą dėmesį energetikos sistemų atsparumui, grėsmių prevencijai ir pasirengimui krizėms, tačiau apsiribojama tik Latvijos požeminėje gamtinių dujų saugykloje laikomomis gamtinių dujų atsargomis, nors Lietuva turi geras sąlygas dujų saugykloms įrengti.

Vaškų geologinė struktūra (Pasvalio r.) yra tirta seisminiais darbais ir gręžimu (81 pav.). Planuota patikrinti struktūrą ribojančio pietinio geologinio lūžio hermetiškumą, tačiau toks tyrimas nebuvo atliktas. Pagal Lietuvos energetikos instituto (LEI) 2006 m. ataskaitą „Gamtinių dujų atsargų sukauptimo projektų palyginimas“, Vaškų struktūroje 900 m gylyje esantis kambro smiltainis (22 % poringumas) yra uždara struktūra, turinti 39,6 mln. m³ porų. LEI skaičiavimais, esant 35 barų slėgiui, joje tilptų 2 600–3 400 mln. m³ dujų. Darbinė talpa – 1 500 mln. m³, buferinės dujos sudaro 1 100–1 900 mln. m³. Per struktūros rytinę dalį praeina dujotiekis „Vilnius–Ryga“.

Syderių struktūra (Telšių r.) yra tirta 2D seisminiais darbais ir gręžiniais (82 pav.). Pirmasis gręžinys buvo skirtas naftos paieškoms, tačiau čia naftos nerasta. Vėliau, siekiant įvertinti kaip dujų saugyklą, buvo atlikti papildomi 2D ir 3D seisminiai darbai, per kambro rezervuarą išgręžti dar



81 pav. Vaškų struktūra, kambro kraigo struktūrinis žemėlapis. Uždara izohipsė –875 m (Šliaupienė, 2011).



82 pav. Syderių struktūra, kambro rezervuaro paviršiaus struktūrinis žemėlapis (UAB „Minijos nafta“ duomenys).

4 gręžiniai, atlikti specialūs dangos ir tektoninio lūžio hermetiškumo tyrimai. Gauti teigiami rezultatai.

Porų tūris kambro smiltainyje (poringumas $\approx 15\%$, skvarbumas ≈ 500 milidarsi), esant $-1\ 350$ m uždarai izohipsei, siekia 56 mln. m^3 . Tokiame tūryje, kai slėgis yra 70 barų, būtų sutelkta apie 3 mlrd. m^3 dujų. Darbinis saugyklos tūris yra apie 1,5 mlrd. m^3 . AB „Lietuvos energijos gamybos“ vertinimu, pildant struktūrą iki $-1\ 350$ m, tilptų 4,5 mlrd. m^3 dujų. Piečiau struktūros yra dujotiekis „Klaipėda–Kursėnai“.

Galimybės – nemažos. Kaip rašė „Verslo žinios“, 2009–2014 m. AB „Lietuvos energijos gamyba“ vykdė Syderių požeminės gamtinių dujų saugyklos tyrimus, skirtus įvertinti Syderių geologinės struktūros tinkamumą požeminiam gamtinių dujų saugojimui. Tyrimų rezultatai rodo, kad Syderių geologinė struktūra yra tinkama požemeinei gamtinių dujų saugyklai įrengti. Bendrovės atlikta projekto kaštų ir naudos analizė atskleidė, kad finansiškai perspektyviausia yra 500 mln. m^3 darbinio tūrio regioninė saugyklos alternatyva. Nustatyta, kad pagal poreikį šios saugyklos tūris

CO₂ saugyklos. Ertmės, tinkamos gamtinėms dujoms saugoti, puikiai tinka ir anglies dvideginio saugojimui. Pagal termobarines charakteristikas, pačiose palankiausiose sąlygose yra kambro vandeningasis horizontas. Kritinė +32 °C izoterma sutampa su 78 barų slėgio žyma ir su maždaug 850 m gylio žyma nuo jūros lygio. Visa vakarinė Lietuvos dalis šiuo aspektu yra perspektyvi: čia anglies dvideginis kambro rezervuare bus superkritinės (skystos) būklės (83 pav.).

CO₂ saugojimo perspektyvos aukštesniuose horizontuose yra nedidelės dėl mažesnio slėgio ir temperatūros ir, svarbiausia, ten nėra uždarytų struktūrų. Perspektyviausias CO₂ saugojimui yra kambro rezervuaras. Šiame rezervuare po kelių šimtų metrų nelaidžia ordoviko–silūro danga yra daug erdvių, potencialiai tinkamų nuolat saugoti CO₂ (84 pav.).



84 pav. Kambro rezervuaro uždaros struktūros Vakarų Lietuvoje. Juoda spalva žymi talpinančias naftos išteklius (naftos telkiniai), ruda, žalia, violetinė, geltona spalva – skirtingas struktūras pagal ištyrimo lygį (patikimumą) (Zdanavičiūtė, 2012b).

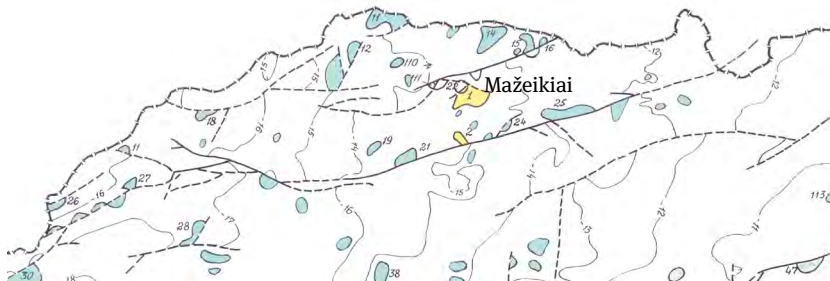
2005 m. duomenimis (Šliaupa, 2023), dėl CO₂ saugojimo buvo inventurizuotos 72 struktūros sausumoje ir 47 struktūros Baltijos jūroje. Keistas yra teiginys, kad anglies dioksidą saugiau būtų saugoti jūros akvatorijos struktūrose. Geologiniu požiūriu CO₂ saugojimui vienodai tinka tiek sausumoje, tiek jūroje esančios struktūros, svarbiausia, kad nebūtų nutekėjimo. Norvegai įrengė saugyklą jūroje, nes šios šalies sausumos teritorijoje nėra uždarytų struktūrų. Saugykla jūroje reiškia sutaupyta kelių hektarų plotą sausumoje, bet visa infrastruktūra (gręžiniai, vamzdynai ir kt.) bus kelis kartus brangesnė negu sausumoje. Dar pridėjime ir audrų (uraganų) keliamus pavojus.

Labiausiai tinkamomis CO₂ saugojimui yra jau anksčiau minėtos Vaškų ir Syderių struktūros bei Gargždų pakilimų zona (Vaškų struktūros talpa > 8,8 mln. t CO₂, Syderių – 49,1 mln. t. CO₂, Gargždų pakilimų zonos – iki 100 mln. t CO₂). Didžiausias CO₂ emisijas (2020 m. duomenys) turėjo AB „Achema“ – 2,5 mln. t per metus, AB „ORLEN Lietuva“ – 1,5 mln. t per metus ir AB „Akmenės cementas“ – 0,9 mln. t per metus. Iš viso – 4,9 mln. tonų. Vien tik šiose struktūrose galima saugoti 158 mln. t, arba 32 metų bendrą šių Lietuvos didžiausių CO₂ teršėjų išmetimų kiekį.

Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos 194 punkte (žr. LR Seimo nutarimas, 2024) numatyta anglies dioksido surinkimo prognozė Lietuvoje (2 lentelė).

2 lentelė. Anglies dioksido surinkimo prognozė

	2030 m.	2040 m.	2050 m.
Iškastinio kuro anglies dioksido surinkimo prognozė (anglies dioksido šaltinis – Lietuvos ATLPS dalyvaujančios didžiausios ŠESD kiekį išmetančios įmonės – „Achema“, „Mažeikių nafta“ ir „Akmenės cementas“)	0	2,4 mln. t	1,0 mln. t
Biogeninės kilmės anglies dioksido surinkimo prognozė (anglies dioksido šaltinis – biometano gamyba, atliekų deginimas, biokuro gamyba ir (ar) panaudojimas)	0,2 mln. t	3,5 mln. t	2,4–3,5 mln. t



85 pav. Lokalių struktūrų atraminio atspindinčio horizonto (O₃-S₁In₁) paviršiuje išsidėstymo žemėlapių fragmentas (Laškovas, 1996).

Visas CO₂ kiekis gali būti saugiai sutalpintas Lietuvoje, tik jį reikėtų transportuoti į geologines struktūras kambro rezervuare. Ir tai ne vienintelės struktūros, kuriose galima saugiai visam laikui uždaryti anglies dvideginį. Jų yra daug. Pagal turimus duomenis, tokių struktūrų, kurių parametrai yra artimi gerai ištirtai Syderių struktūrai (≈50 mln. t), yra Šiaurės Lietuvoje netoli Mažeikių ir Naujosios Akmenės (85 pav.).

Palankiausia vieta CO₂ saugyklai Lietuvoje yra Gargždų pakilimų zona Vakarų Lietuvoje (23 pav.). Naftos susikaupimas garantuoja struktūros uždaramą. Geologinė sandara, hidrodinaminės kambro rezervuaro sąlygos ištirtos 3D seisminiais darbais ir 50-čia gręžinių. Atlikti bandomieji CO₂ pumpavimo darbai. Esami naftos gavybos gręžiniai, gavybos aikštelės, elektros linijos ir keliai gali būti pritaikyti anglies dioksidui pumpuoti ir saugoti ilgą laiką.

Preliminariais vertinimais, nuolatinio anglies dioksido saugojimo Gargždų pakilimų zonoje, pritaikant esamus gręžinius ir infrastruktūrą, kaina būtų apie 30 Eur/t, o naudojant esamą infrastruktūrą ir įrengiant du papildomus naujus gręžinius – 50 Eur/t. Šie kaštai yra 5–10 kartų mažesni nei CO₂ gabenimas jūra į Norvegiją, Daniją ar pan. Veždami CO₂ į kitas valstybes, vežtume ir pinigus, už kuriuos galėtume kurti pridėtinę vertę Lietuvoje.

Tam reikėtų atsisakyti pasiūlymo įrengti anglies dioksido eksporto terminalą, kaip planuojama Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos 198 punkte. „Lietuvoje, įvertinus poreikį, gali būti įrengtas anglies dioksido eksporto terminalas. Šis terminalas leistų patikimai ir efektyviai pervežti regione surinktą anglies dioksidą iki galutinių jo saugojimo vietų jūroje (ne Lietuvos teritorijoje)“ (Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija. Lietuvos Respublikos Seimo 2024 m. birželio 27 d. nutarimo Nr. XIV-2856 redakcija).

Energijos kaupimas. Vėjo ir saulės šviesos energijos gamyba sparčiai didėja, tačiau ji nėra pastovi: būna, kad vėjas nepučia, saulė nešviečia, o tiekimas privalo būti pastovus. Todėl reikia turėti papildomus elektros energijos kaupimo ir saugojimo pajėgumus, kurie leistų išlyginti paros ir sezoninius svyravimus ir užtikrintų elektros energetikos sistemos lankstumą.

Lietuvoje yra svarstomos dvi elektros energijos kaupimo ir saugojimo pajėgumų galimybės panaudojant žemės gelmių ertmes. Viena jų siejama su natūraliomis ertmėmis kambro rezervuaro uždaroje struktūrose. Projekto esmė: esant elektros energijos pertekliui, suslėgti orą uždaroje struktūroje, o esant didesniai poreikiui, jį panaudoti, kad sukurtų turbinas, o šios gamintų elektrą.

Toks projektas yra numatytas Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos punkte Nr. 54. „Siekiant palaikyti investuotojų

suinteresuotumą tolesne Lietuvos elektros energijos gamybos pajėgumų iš AEI plėtra, energijos perdavimo sistemų operatorius valdanti bendrovė (ar su ja susijusi įmonė) turi atlikti Syderių geologinės struktūros tyrimus dėl jos tinkamumo ilgalaikiam energijos saugojimui ir elektros energetikos sistemos lankstumo didinimo priemonių diegimui, panaudojant naujus technologinius sprendimus, ir nustačiusi tinkamas sąlygas užtikrinti tokio projekto įgyvendinimą“ (LR Seimo nutarimas, 2024). Nors planuojama atlikti tyrimus Syderių struktūroje, tai galima daryti visose uždaroje struktūrose, taip pat išnaudotuose naftos telkiniuose, tam pritaikant ir gręžinius, ir antžeminę infrastruktūrą.

Kitas energijos kaupimo / saugojimo projektas – sukurti dirbtines ertmes kristaliniame pamate perteklinei energijai saugoti. Tokius planus Lietuvoje puoselėja bendrovė „Lavastream“ su partneriais – kompanija „Sage Geosystems“ iš JAV. Kristaliniame pamate, kur temperatūra yra aukštesnė kaip +150 °C, išgręžiamas gręžinys. Taikant hidraulinio ardymo technologijas, padaromos dirbtinės ertmės. Gręžinio gylis Pietvakarių Lietuvoje turėtų būti apie 5–6 km. Kai rinkoje yra elektros energijos perteklius, vanduo ar kitas skystis suspaudžiamas dirbtinėse ertmėse, žemės gėlmės šiluma dar pakelia slėgį, kai elektros rinkoje trūksta, suslėgti garai arba skystis panaudojamas turbinoms sukurti. Taip galime pagaminti elektrą ir tiekti šilumą bet kuriuo metu pagal poreikį.

Pabaigos žodis

Praėjusio šimtmečio viduryje pradėti nuoseklūs angliavandenilių išteklių tyrimai Lietuvoje buvo sėkmingi. Rasti naftos telkiniai, vykdoma gavyba. Šie darbai atskleidė ir Lietuvos gelmių sandarą, suteikė naudingų žinių apie gilių sluoksnių struktūrą, giliuose rezervuaruose esančio sūrymo ir mineralinių vandenų sudėtį. Naftos paieškų, žvalgymo ir gavybos darbais buvo nustatyta geoterminė anomalija, įvertinti žemės gelmių ertmių pagrindiniai parametrai. Sukurta žinių bazė naudingam gelmių panaudojimui. Angliavandenilių ištekliai dar nėra išnaudoti, o jų potencialas tebėra didelis. Pitarus naftos gavybai Kintų struktūroje, kaip *Royalty* mokesčių valstybė gautų apie 70 mln. eurų.

Atšaukę draudimą Lietuvoje saugoti CO₂, galėtume taikyti patikrintą tretinės gavybos metodą. Minimaliais vertinimais, tai leistų gauti papildomai 10 % geologinių naftos išteklių iš Gargždų pakilimų teritorijos su ryškia pereinamąja zona. Tai būtų 13,8 mln. m³ naftos, arba 635 mln. eurų.

Nežinia, kiek kainavo Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2021 m. rugsėjo 29 d. nutarimu Nr. 789 patvirtinto Lietuvos Respublikos teritorijos bendrojo plano parengimas. Tačiau jeigu „valstybės teritorijos naudojimo privalomosios nuostatos“ (LVR 2021 m. nutarimas Nr. 789) būtų

įgyvendinamos, valstybė gautų apie 423 mln. eurų iš naftos gavybos jūroje. Vien tik tradicinės naftos nauda valstybei siektų daugiau nei 1 mlrd. eurų, ir tai tik skaičiuojant specialųjį *Royalty* mokestį. O kur dar visi įprasti mokesčiai ir socialinė nauda.

Deja, mes – ne turkai, kurie džiaugiasi radę dujų telkinį ir planuoja išsklaidytųjų angliavandenilių gavybą (Priklausoma nuo Rusijos, 2025), ir ne norvegai, kurie didina investicijas į naftos ir dujų sektorių (Norvegija planuoja, 2025). Mes ir ne lenkai, kurie Baltijos jūroje netoli sienos su Vokietija, Svinouisčio uostamiesčio šiaurės vakarinėje dalyje, rastą didelį naftos ir dujų telkinį (22 mln. t išgaunamos naftos ir 5 mlrd. m³ gamtinių dujų) vertina kaip energetinio saugumo garantą. Lenkijos valstybės sekretoriaus pavaduotojas ir vyriausiasis šalies geologas prof. Krzysztof Galosas teigė, kad šis projektas gali tapti lūžio tašku siekiant šalies energetinės nepriklausomybės ir sumažinti priklausomybę nuo angliavandenilių tiekimo iš svetur. Jo nuomone, būsima šio objekto plėtra galėtų labai prisidėti prie Lenkijos energetinio saugumo stiprinimo (ELTA, 2025).

Literatūra

1. Grigelis A. (sud.). 1981. *Lietuvos TSR geologijos istorija*. Vilnius: Mokslas. 160 p.
2. Grigelis A. (sud.). 2014. *Skalūninių geologinių formacijų genezė ir angliavandenilių gavyba: poveikis aplinkai bei žmonių sveikatai*. Vilnius: Lietuvos mokslų akademija. 108 p.
3. Kadūnas K., Pūtys P., Gedžiūnas P. 2018. *Lietuvos požeminis vanduo*: hidrogeologijos atlasas. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla. 1 atlasas. 173 p.
4. Kadūnienė E. 1996. Baltijos sineklizės kaledoniškos geoformacijos organinės medžiagos katagenezė, angliavandenilių generacija ir pirminė migracija. *Lietuvos naftingieji kompleksai*. Vilnius: Geologijos institutas, p. 49–92.
5. Lapinskas P. 2000. *Lietuvos silūro sandara ir naftingumas*. Vilnius: Geologijos institutas. 203 p.
6. Laškovas P. 2004. Įvairiagenetinių naftos kaupviečių formavimasis, paplitimas ir raida. *Lietuvos žemės gelmių raida ir ištekiai*. Ats. red. V. Baltrūnas. Vilnius, p. 406–413.
7. Matthews M. D. 1999. Migration of Petroleum. *Treatise of Petroleum Geology*. Tulsa, Oklahoma (U.S.): The American Association of Petroleum Geologists, p. 4–38.
8. Motuza G., Šliaupa S., Timmerman M. J. 2015. Geochemistry and 40Ar/39Ar age of Early Carboniferous dolerite sills in the southern Baltic Sea. *Estonian Journal of Earth Sciences*, Vol. 64, Iss. 3, p. 233–248.
9. Stirpeika A. 1999. *Tectonic evolution of the Baltic syncline and local structures in the South Baltic region with respect to their petroleum potential*. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 112 p.
10. Suveizdis P. (sud.). 2003. *Lietuvos tektoninė sandara*. Vilnius: Geologijos ir geografijos institutas. 160 p.
11. Suveizdis P., Rastenienė V. 2005. Žemės gelmių šiluma Lietuvoje: ekologiška, atsinaujinanti energijos rūšis. *Geografijos metraštis*, t. 38, Nr. 1, p. 214–223.
12. Šliaupa S., Zuzevičius A., Rastenienė V., Baliukevičius A., Zinevičius F., Gudzinskas J., Buinevičius K. 2008. *Vakarų Lietuvos regione esančių geoterminės energijos resursų potencialo išaiškinimas ir pagrindimas bei galimybės jų panaudojimui energijos gamybai*:

4 skyrius

- taikomasis mokslinis tyrimas monitoringas. Vilnius: Geologijos ir geografijos institutas. 221 p.
13. Šliaupienė R., Šliaupa S. 2011. Prospects for CO₂ geological storage in deep saline aquifers of Lithuania and adjacent territories. *Geologija*, Vol. 53, No. 3, p. 121–133.
 14. Vaičieliūnas I. 1995. Naujas, savarankiškas naftos telkinių paieškų objektas. *IX pasaulio lietuvių mokslo ir kūrybos simpoziumas, 1995 m. lapkričio mėn. 22–25 d., Vilnius: tezės*. Vilnius: Lietuvos mokslininkų sąjunga, p. 254.
 15. Zdanavičiūtė O., Lazauskienė J., Khoublidikov A. I., Dakhnova M. V., Zheglova T. P. 2012a. The middle Cambrian succession in the central Baltic basin: geochemistry of oils and sandstone reservoir characteristics. *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 35, Iss. 3, p. 237–254.
 16. Zdanavičiūtė O. (red.), Sakalauskas K. (red.). 2001. *Petroleum geology of Lithuania and Southeastern Baltic*. Vilnius: Geologijos institutas. 204 p.
 17. Zdanavičiūtė O., Lazauskienė J. 2009. Organic matter of Early Silurian succession – the potential source of unconventional gas in the Baltic Basin (Lithuania). *Baltika*, Vol. 22, No. 2, p. 89–100.

Fondų darbai

18. Axelsson G. 2024. Geothermal Worldwide, in Iceland, and Geothermal Training for the Future of Geothermal Energy (pranešimas). Geotermijos asociacijos konferencija, 2024 m. sausio 17 d., Klaipėda.
19. Cambrian Group presentation. 1999. Gargždai, UAB „Minijos nafta“ archyvas.
20. Geoterminių duomenų masyvo papildymas: aiškinamasis raštas. 2015. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. LGT fondas; Nr. 21581.
21. Inčiukalns požeminė dujų saugykla kambro smiltainių eitmėse: AB „Latvijas gaze“ 2014 m. diagrama. 2014. Gargždai, UAB „Minijos nafta“ archyvas.
22. Jacyna J. et al. 1997. Petroleum Potential and Exploration Opportunities of Lithuania. LGT and PGS Reservo ir AS in Oslo, Norway.
23. Klaipėda Geothermal Power Plant Plant (KGPP): current progress. AB „Klaipėdos energija“. 2024. Geotermijos asociacijos konferencija, 2024 m. sausio 17 d., Klaipėda.
24. Laškovas J. (ats. vykd.). 1996. Įvairiagenetinių kaupviečių išplitimo dėsninumų nustatymas sausumoje bei Baltijos jūroje, naftos telkinių prognozavimo tobulinimas: ataskaita už 1993–1996 m. Vilnius: Geologijos institutas.
25. Latvia petroleum potential and exploration opportunities – hydrocarbon licensing. 2005. Latvian Environment, Geology and Meteorology Agency publication.
26. Rapolienė L., Razbadauskas A., Martinkėnas A. 2015. Gamtos dovana žmogaus sveikatai (pranešimas). Geoterminio vandens panaudojimo galimybės: 9-oji Lietuvos geotermijos asociacijos (LGA) konferencija, 2015 m. lapkričio 27 d., Klaipėda.
27. Syderių požeminės gamtinių dujų saugyklos projektas. 2013. Vilnius: Lietuvos energija.
28. Special analyses of cores from Pociiai-7 well with interpretation (ataskaita „Minijos naftai“). 2011. Kraków, Oil and Gas Institute – National Research Institute.
29. Special analyses of cores from Vilkyčiai-22 well with interpretation (ataskaita „Minijos naftai“). 2014. Kraków, Oil and Gas Institute – National Research Institute.
30. Sūrymo, gauto naftos gavybos proceso metu, ledo tirpymo efektyvumo tyrimas. 2024. Vilniaus Gedimino technikos universiteto Aplinkos inžinerijos fakulteto Kelių tyrimo institutas. Tyrimo užsakovas UAB „Minijos nafta“. Gargždai, UAB „Minijos nafta“ archyvai.

31. Šliaupa S., Šliaupienė R. 2023. Anglies dvideginio geologinio saugojimo vertinimas Lietuvoje (pranešimas). 2023 m. lapkričio 24 d., Naujoji Akmenė.
32. Willumsen P. 2012. Pietvakarių Lietuvos silūro skalūnų naftos telkinio išteklių parengtinės žvalgybos ataskaita. Gargždai, UAB „Minijos nafta“ archyvai.
33. Zdanavičiūtė O. 2012b. Nafta ir gamtinės dujos Lietuvos žemės gelmėse (pranešimas). Gamtos tyrimų centras, Geologijos ir geografijos institutas.
34. Клишиш В. 1967. Сводный отчет по обработке материалов структурных и нефтепоисковых скважин Кибартайской площади Литовской ССР за 1966–1963 г.г. Вильнюс: Lietuvos geologijos tarnyba. LGT fondas.

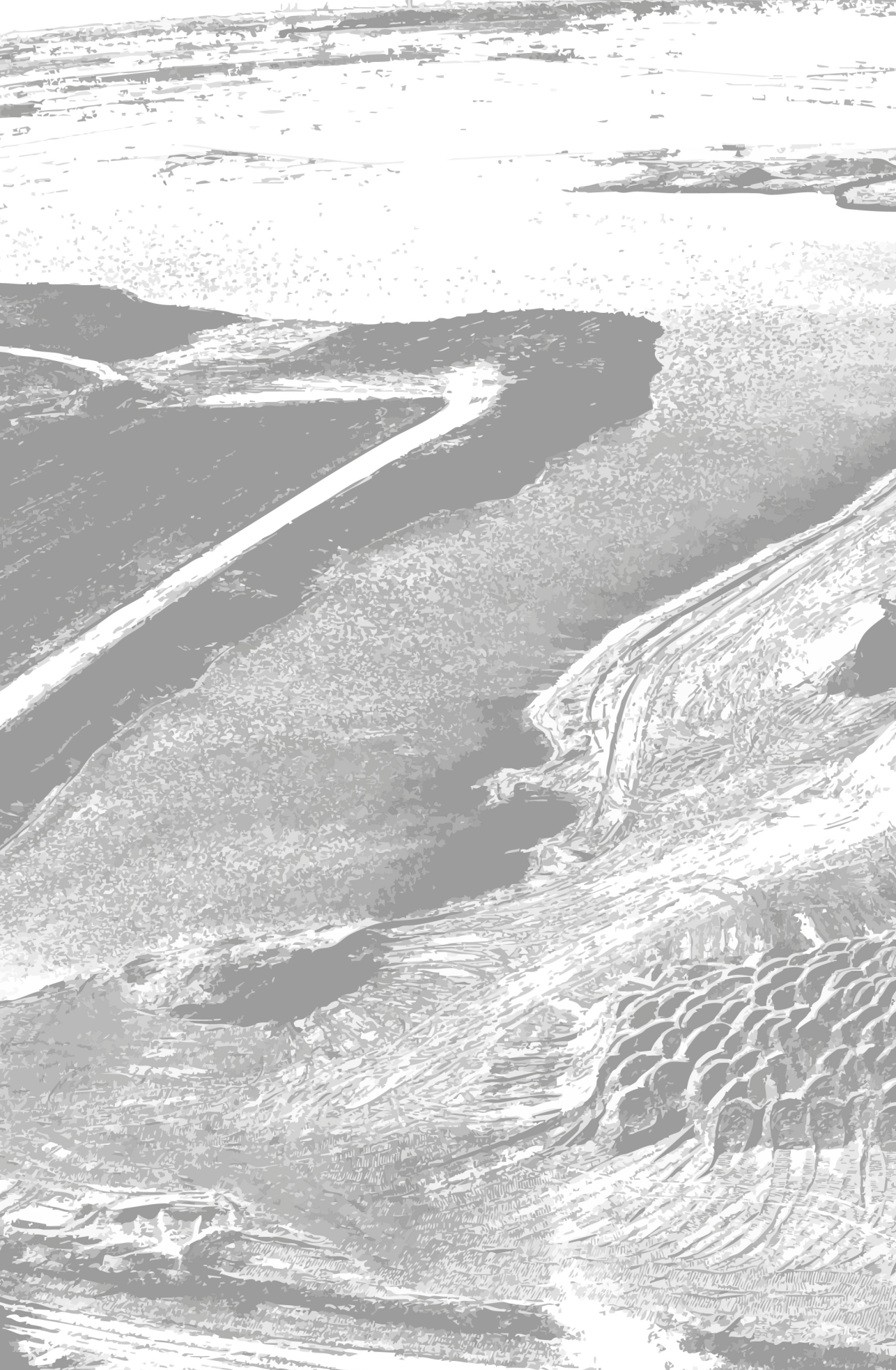
Internetiniai šaltiniai

35. Borazjani S., Kulikowski D., Amrouch K., Bedrikovetsky P. 2019. Composition changes of hydrocarbons during secondary petroleum migration (case study in Cooper Basin, Australia). *Geosciences*, Vol. 9, No. 2. <https://www.mdpi.com/2076-3263/9/2/78>
36. „Chevron“ nebegriš, Premjeras to nesureikšmina. 2014. *Alkas.lt*. <https://alkas.lt/2014/10/02/chevron-nebegris-premieras-to-nesureiksmina/>
37. Craig J., Quagliaroli F. 2020. Within a sedimentary basin: the 5 elements of the petroleum system. *EPJ Web of Conferences*, Vol. 246, p. 4.
38. ELTA, 2025. <https://ve.lt/pasaulis/baltijos-juroje-aptiktas-didziausias-naftos-telkinys-lenkijos-teritorijoje> [žiūrėta 2025 08 25].
39. Gentvilas S. 2025. Teismas padėjo tašką: praėjusios Vyriausybės įsipareigojimai ateičiai tvirtesni už naftos gavybą Kuršių mariose. *Mokslo Lietuva*, 2025 01 09. <https://mokslolietuva.lt/2025/01/seimo-nario-s-gentvilo-pranesimas-teismas-padejo-taska-praejusios-vyriausybes-ispareigojimai-ateiciai-tvirtesni-uz-naftos-gavyba-kursiu-mariose/>
40. Gentvilas S. 2021. Senkant naftos ištekliams jos gavyba Lietuvoje gali būti stabdoma. *Oficialiosios statistikos portalas*, 2021 07 30. <https://osp.stat.gov.lt/straipsnis-naftos-istekliai>
41. Global oil market Outlook – statistics & facts. 2025. *Statista*. <https://www.statista.com/statistics/263994/forecast-of-liquid-fuels-production/>
42. Grigelis A. (sud.). 2013. *Komisijos dėl skalūnų dujų žvalgybos ir gavybos poveikio aplinkai bei žmonių sveikatai vertinimo išvados*: LMA skalūnų dujų žvalgybos ir gavybos poveikio aplinkai bei žmonių sveikatai vertinimo komisijos ataskaita. Vilnius: Lietuvos mokslų akademija. 34 p. <https://www.ziniukarta.lt/wp-content/uploads/2017/07/LMA-komisijos-ismados-del-skalunu-duju.pdf>.
43. Gudavičius S. 2016. Požeminės dujų saugyklos Syderiuose projektas įšaldomas. *Verslo žinios.lt*. <https://www.vz.lt/verslo-aplinka/2016/08/25/pozemines-duju-saugyklos-syderiuose-projektas-isaldomas>
44. Ypatingasis archyvas. 2020. Prieš 30 metų Sovietų Sąjungos suplanuota Lietuvos blokada – nei naftos, nei konjako ar kavos. „Politinės krizės Lietuvoje įveikimo veiksmų plano grafiko“ pirmasis puslapis. *Lrytas.lt*. <https://www.lrytas.lt/kultura/istorija/2020/05/14/news/lietuvos-ekonomines-blokados-30-mecio-proga-paviesintas-suplanuotu-veiksmusarasas-14895864> [žiūrėta 2025 03 10].
45. Klaipėdoje – 42-asis laivas su importuojamomis SGD. 2018. *Lrytas.lt*. <https://www.lrytas.lt/verslas/energetika/2018/05/25/news/klaipedoje-42-asis-laivas-su-importuojamomis-sgd-6409983>
46. Klaipėdos parodomoji geoterminė jėgainė. 2025. https://lt.wikipedia.org/wiki/Klaip%C4%97dos_parodomoji_geotermin%C4%97_j%C4%97gain%C4%97

4 skyrius

47. Krevetėms auginti mokslininkai bando panaudoti geoterminio vandens išteklius. 2024. <https://www.ku.lt/lt/naujienos/krevetems-auginti-mokslininkai-bando-panaudoti-geoterminio-vandens-isteklius>
48. LRA. 2023. Lietuvos Respublikos angliavandenilių išteklių mokesčio įstatymas. Galiojanti suvestinė redakcija (nuo 2023 01 01). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalActEditions/lt/TAD/TAIS.1755>
49. LRS. 2024. Dėl Lietuvos Respublikos Seimo 2012 m. birželio 26 d. nutarimo Nr. XI-2133 „Dėl nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos patvirtinimo“ pakeitimo: Lietuvos Respublikos Seimo nutarimas, 2024 m. birželio 27 d. Nr. XIV-2856. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/42fa9900352b11efb121d2fe3a0eff2?jfwid=-1dg81xaos8>
50. LRV. 2004. Dėl Lietuvos Respublikos teritorinės jūros, gretutinės zonos, išskirtinės ekonominės zonos ir kontinentinio šelfo ribų patvirtinimo ir pavedimo ministerijoms ir vyriausybei įstaigoms parengti reikiamus teisės aktus: Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2004 m. gruodžio 6 d. nutarimas Nr. 1597. <https://e-seimasx.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.246677?jfwid=rinbj5ef3>
51. LRV. 2021. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2021 m. rugsėjo 29 d. nutarimas Nr. 789 „Dėl Lietuvos Respublikos teritorijos bendrojo plano patvirtinimo“.
52. LRŽ. 2023. Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatymas, 1995 m. liepos 5 d. Nr. I-1034, Vilnius. Galiojanti suvestinė redakcija (nuo 2023 07 01). <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.13E108ED3981/asr>
53. Macrotrends. 2025. <https://www.macrotrends.net/2480/brent-crude-oil-prices-10-year-daily-chart> [žiūrėta 2025 03 14].
54. Brent Crude Oil Prices (1987–2025). 2025. *Macrotrends*. <https://www.macrotrends.net/2480/brent-crude-oil-prices-10-year-daily-chart>
55. Map of countries by proven oil reserves (in millions of barrels). 2017. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_of_countries_by_proven_oil_reserves_\(in_millions_of_barrels\)--2017--US-EIA--Jo-Di-graphics.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_of_countries_by_proven_oil_reserves_(in_millions_of_barrels)--2017--US-EIA--Jo-Di-graphics.jpg).
56. Nafta. 2024. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija. <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/nafta/>
57. Nairanauskas J. 2013. A. Butkevičius susitiko su „Ševron“ atstovais: Žygaičių bendruomenė surengė piketą. *Alkas.lt*. <https://alkas.lt/2013/07/10/a-butkevicius-susitiko-su-sevron-atstovais-zygaiciu-bendruomene-surenge-piketa/>
58. Norvegija planuoja šiemet rekordines investicijas į naftos ir dujų sektorių – 23,4 mlrd. eurų. 2025. *15min.lt*. https://www.15min.lt/verslas/naujiena/finansai/norvegija-planuoja-siemet-rekordines-investicijas-i-naftos-ir-duju-sektoriu-234-mlrd-euru-662-2458492?utm_medium=copied
59. Oil & Gas Industry – Fundamentals. 2022. *Conserve*. <https://www.conserveolution.com/blog/oil-gas-industry-fundamentals/>
60. *OPEC Annual Statistical Bulletin*. 2024. Ed. 59th. Viena: Organization of the Petroleum Exporting Countries. 88 p. <https://www.opec.org/assets/assetdb/asb-2024.pdf>.
61. Quraishi M., Bhatia S. K., Pandit S., Gupta P. K., Rangarajan V., Lahiri D., Varjani S., Mehariya S., Yang Y.-H. 2021. Exploiting microbes in the petroleum field: analyzing the credibility of microbial enhanced oil recovery (MEOR). *Energies*, Vol. 14, Iss. 15, p. 1–30. <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/15/4684>
62. Priklausoma nuo Rusijos naftos šalis randa didžiausius telkinius savo teritorijoje. Tai keičia žaidimo taisykles. 2025. <http://www.technologijos.lt/n/n/pasaulis/S-204355/straipsnis/>
63. Ritchie H., Rosado P. 2024. Fossil fuels. *Our World in Data*. Oxford. <https://ourworldindata.org/fossil-fuels>

64. Smolianskis N., Šliaupa S., Bagdonavičienė D. 2008. *Anglies dvideginio surinkimas, transportavimas ir saugojimas geologinėse struktūrose, atsižvelgiant į Direktyvos projekto nuostatas: galimybių studija*. Vilnius: COWI Baltic. 71 p. https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/KLIMATO%20KAITA/Studijos%2C%20metodin%2C%20med%20med%20C5%BEiaga/CO2_saugojimas_ataskaita.pdf.
65. Sopher D., Juhlin Ch., Erlström M. 2014. New insights into the structure and stratigraphy of the Swedish sector of the Baltic Sea sedimentary Basin from vintage 2D marine seismic data. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 16, Göttingen, EGU General Assembly. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2014/EGU2014-10633.pdf>.
66. Šilėnas Ž. 2012. Kas nutiktų, jei Lietuvoje būtų atrasta daug naftos, aukso ir deimantų? *Delfi.lt*. <https://www.delfi.lt/news/ringas/lit/zsilenas-kas-nutiktu-jei-lietuvoje-butu-at-rasta-daug-naftos-aukso-ir-deimantu-57029179>
67. Šliaupa S. 2019. Giluminės geotermijos geologinės prielaidos Lietuvoje (pranešimas). *Konferencija „Geotermija Lietuvai“, 2019 m. birželio 3 d., Vilnius*. <https://www.geotermijosasociacija.lt/dokumentai/gilumines-geotermijos-geologines-prielaidos-lietuvoje.pdf>.
68. U.S. crude oil and natural gas proved reserves, year-end 2022. 2024. *U.S. Energy Information Administration*. <https://www.eia.gov/naturalgas/crudeoilreserves/archive/2022/>
69. Игнатъева А. 2020. ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть в 2019 г. увеличил добычу нефти на шельфе Балтики на 3,1 %. *Neftegaz.ru*. <https://neftgaz.ru/news/dobycha/522700-lukoyl-kaliningradmorneft-v-2019-g-uvelichil-dobychu-nefti-na-shelfe-baltiki-na-3-1/>
70. Отмас А. А. 2010. Комплексный палеонтологический анализ условий формирования локальных нефтеперспективных объектов на примере Кравцовского месторождения. *Нефтегазовая геология: теория и практика*, т. 5, № 1, р. 1–12. <https://cyberleninka.ru/journal/n/neftgazovaya-geologiya-teoriya-i-praktika?i=852178>
71. Отмас А. А. (старший), Маргулис Л. С., Отмас А. А. 2017. Перспективы нефтегазоносности шельфа Балтийского моря. *Нефтегазовая геология: теория и практика*, т. 12, № 1, р. 1–14. <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-neftgazonosnosti-shelfa-baltiyskogo-morya/viewer>
72. Савосин Д., Бахтина О. 2019. Проект ЛУКОЙЛа по обустройству месторождения D33 на шельфе Балтийского моря получил одобрение. *Neftegaz.ru*. <https://neftgaz.ru/news/shelf/505726-na-shelfe-baltiyskogo-morya-nachnetsya-osvoenie-mestorozhdeniya-d33-proekt-obustroystva-mestorozhden/>



5. Metalų rūdos

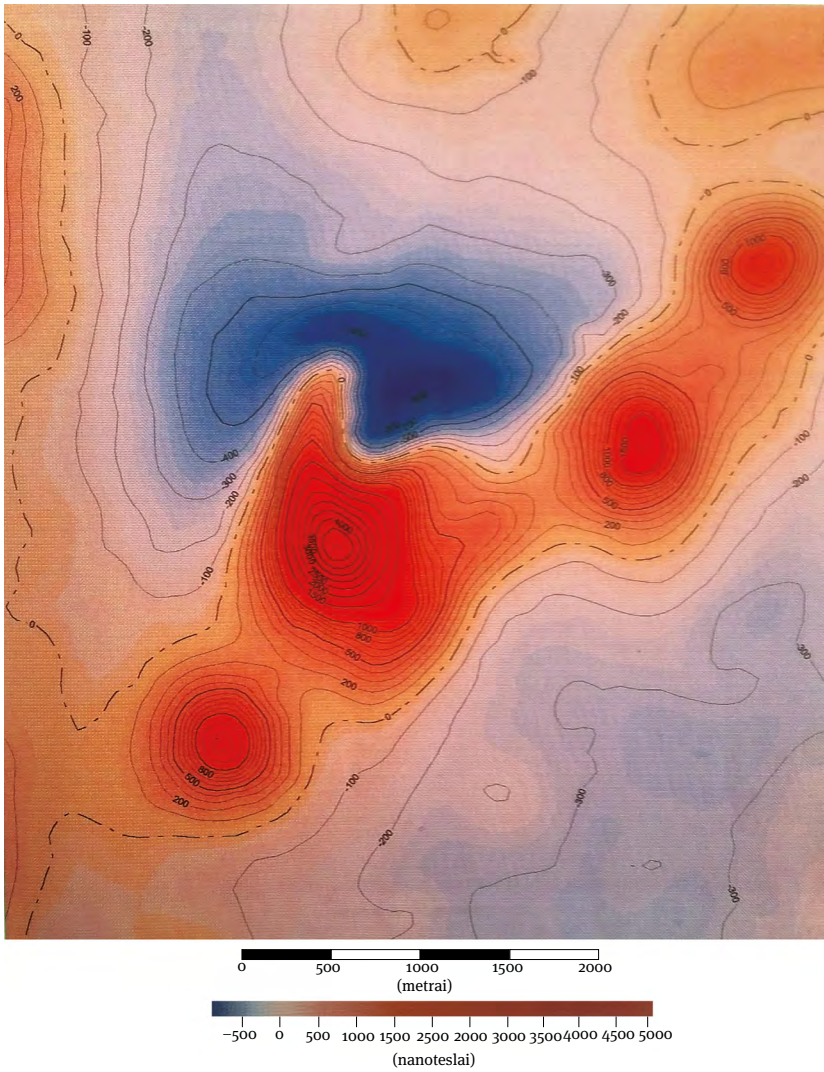
KAS YRA METALŲ RŪDOS

Rūdomis vadinamos uolienos, turinčios didesnę kurio nors metalo kiekį. „Didesnis kiekis“ yra sąlyginė savybė, priklausanti nuo daugelio aplinkybių, labiausiai ekonominių. Rūdos sancaupos, iš kurių galima pelningai išgauti metalą, atsižvelgiant į aplinkos apsaugos ir kitus reikalavimus, vadinamos tam tikro metalo rūdiniais telkiniais. Jei rūdos sancaupos dydis nežinomas ar nepakankamas naudojimo galimybėsms įvertinti – ji vadinama rūdos apraiška. Lietuvoje metalų rūdos telkinių labiausiai galima tikėtis proterozojaus kristalinėje plutoje, kurią sudaro metamorfinuotos nuosėdinės ir magminės uolienos.

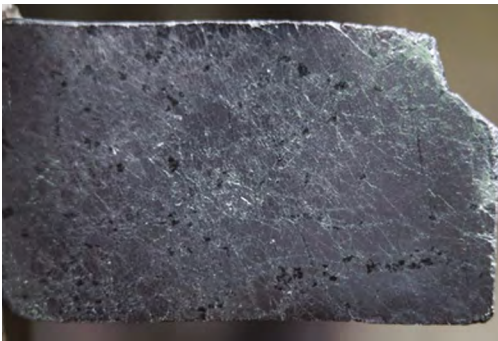
GELEŽIS

Atrodytų, surasti geležies telkinius nesunku netgi ten, kur kristalinį pamatą dengia nuosėdinė storumė – juos „išduoda“ magnetinio lauko anomalijos. Tačiau pirmasis geležies telkinys Lietuvoje atrastas negreita. Šeštajame dešimtmetyje visame Lietuvos plote buvo padaryta aeromagnetinė nuotrauka (M1:200 000) ir apie Varėną aptikta teigiama magnetinio lauko anomalija, nutįsusi iš šiaurės į pietus keliolika kilometrų. Vis dėlto 1962 m. išgręžus Gudų šalies-62 gręžinį šios anomalijos pietiniame krašte, rūdos nerasta.

1973 m. pradėtas kristalinio pamato giluminis geologinis kartografavimas prieš tai atlikus paviršinę magnetinio ir gravitacinio lauko nuotraukas M1:50000. Paaiškėjo, kad anksčiau nustatyta didžioji anomalija nėra vientisa, ją sudaro devyniolika mažesnių teigiamų staigaus gradiento anomalijų (1 pav.). Pirmiausia buvo pragręžta piečiausia iš šių anomalijų, esanti Stėgalių miške netoli Zervynų kaimo (gręžinio Nr. 358). 1973 m. gruodžio mėnesį šiuo gręžiniu pirmą kartą buvo iškeltas sodrios magnetitinės rūdos kernas (2 pav.). Ir nors rūda kokybiška, nedideli jos ištekliai atitinka tik apraiškos kategoriją.



1 pav. Varėnos geležies rūdos juostos vidurinės dalies magnetinio lauko žemėlapis. Sudarė D. Steponėnas ir L. Korabliova (Marfinas, 1996).



2 pav. Sodri Varėnos telkinio rūda. J. Danausko nuotr. (G. Motuzos archyvas).

Pirmasis telkinys buvo surastas tik po metų Derežnytės-360 gręžiniu įsigręžus į stipriausią anomaliją Varėnos miesto vakariniame pakraštyje. Jos stiprumas viršija 4 500 nanoteslų. Magnetinę anomaliją atitinka maždaug 0,6 miligalo teigiama gravitacinė anomalija.

Gręžimo darbus šioje anomalijoje iš pat pradžių lydėjo nesėkmės. Jas pedantiškai tiksliai savo prisiminimų knygoje aprašė šių darbų dalyvis Povilas Kapustinskas (Kapustinskas, 2009). Jau vežant agregatą į gręžimo vietą nepakankamai išmontuotas bokštas užkliudė medžius ir buvo aplankstytas. Vargais negalais pradėjus gręžti ir įsigręžus vos 53 m pasitaikė rieduliai, kuriuos gręžiant atsisuko ir liko kirtavietėje koloninis vamzdis su rutuliniu kaltu. Didelėmis pastangomis jį pavyko „sužvejoti“ ir iškelti. Pagaliau, pasiekus kristalinį pamatą aptiktas gneisas – plačiai paplitusi kristaliniame pamate uoliena be jokių geležies mineralizacijos požymių. Tik įsigręžus į gneiso klodą apie 90 m, buvo pasiekta sodri, beveik vien magnetitinės sudėties geležies rūda. Įsigręžus dar 50 metrų – vėl avarija, šį kartą – pričiupimas. Pričiupimas atsitinka tada, kai gręžimo metu nutrūksta praplovimas. Sutrupintos uolienos dalelės (šlamas), kurias praplovimui naudojamas molio skiedinys turi pašalinti iš kirtavietės, nugula gręžinyje aplink gręžimo vamzdžius ir grąžta, tad jų nebegalima ištraukti. Yra būdų tokiai padėčiai ištaisyti (tempimas, naftos vonia, apgręžimas, gręžimas vamzdžių viduje mažesnio skersmens instrumentu ir kt.), bet jie ne visada veiksmingi. Dažnai lieka paskutinė priemonė – sprogdinti vamzdžius, ji ir buvo panaudota. Kirtavietėje liko koloninis vamzdis su deimantine karūnėle. Dar gręžinyje reikėjo padaryti diafragiją, tačiau nuleisto naujo čekiško zondo nebepavyko ištraukti. Matyt, kabelį nupjovė susprogdinto vamzdžio atplaišos. Gręžinį teko uždaryti taip ir nenustačius rūdinio kūno storio. Tik vėliau išgręžus daugiau gręžinių paaiškėjo, kad rūdinis kūnas toje vietoje yra apie 200 m matomo storio. Šie gręžiniai buvo gręžiami giluminio geologinio kartografavimo Druskininkų-Varėnos (Merkinės objektas) plote apsiribojant tik paieška, telkinių tyrimai nebuvo numatyti (3 pav.).



3 pav. Giluminio geologinio kartografavimo būrio viršininkas Sergejus Marfinas ir gręžimo meistras Juozas Stančikas (G. Motuzos archyvas).

1982–1988 m. SSRS Geologijos ministerija ėmėsi įvertinti geležies rūdų išteklius visoje vakarinėje SSRS dalyje. Dėl tų dviejų pirmų surastų rūdinių objektų Lietuva irgi buvo įtraukta į projektą ir gavo lėšų 37 gręžiniams. Iš jų trys gręžiniai buvo išgręžti Varėnos telkinyje, septyni skirti kitų magnetinių anomalijų prigimčiai nustatyti, o likę – Varėnos rūdinės juostos tyrimui ir kitų galimų naudingųjų iškasenų paieškoms.

Gręžiniais nustatyta, kad visos tirtos smulkios magnetinės anomalijos buvo sukeltos geležies rūdos sancaupų. Plotas, kuriame yra susitelkusios rūdinės anomalijos, buvo išskirtas kaip Varėnos rūdinė juosta (VRJ), nors jos ribos geologiniais požymiais nėra apibrėžtos (4 pav.). Iš visų VRJ objektų tik Varėnos rūdos sancaupa laikoma pramoninės vertės telkiniu, Mergežerio (94 tūkst. t rūdos), Barčių kelio (84 tūkst. t) ir Glūko – smulkiais telkiniais, o visos kitos VRJ anomalijos laikomos tik apraiškoms.

Varėnos telkinį ir tirtas apraiškas sudaro bazinės ir ultrabazinės cheminės sudėties olivino, klinopirokseno, enstatito ir magnetito uolienos. Laikoma, kad šios uolienos yra tos pačios kilmės, susidarė tų pačių geologinių vyksmų metu, panašiu laiku ir išskiriamos kaip genetinė asociacija – Varėnos kompleksas. Uolienas sudarančių mineralų kiekybinis santykis stipriai svyruoja. Uolienos, kuriose reikšmingą dalį sudaro magnetitas, ir yra geležies rūda. Dažniausias nerūdinis mineralas yra olivinas, rečiau klinopiroksenas. Šių uolienu sudėtyje būna ir apatito, dažniausiai kaip išsklaidytos priemaišos. Vietomis apatitas vyrauja ir sudaro atskiro tipo apatito uolieną smulkių kūnų (gyslų, netaisyklingų sancaupų) pavidalo. Varėnos komplekso uolienos stipriai pakitusios dėl žemesnės temperatūros lakių medžiagų fluidų. Dėl jų poveikio olivinas virto serpentinu, piroksenai – įvairių rūšių amfibolais. Fluidų veikiamas magnetitas persikristalizavo.

Varėnos komplekso kūnus supa Pietų Lietuvai būdingų uolienu storumė. Šios storumės apatinėje dalyje slūgso biotito-klinopirokseno-kvarco-plagioklazo gneisas ryškios porfyrinės sandaros, kuri paveldėta iš pirminės vulkaninės uolienos – dacito lavos. Šios uolienos, priskiriamos paleoproterozojaus eros orasiro periodui, yra bene seniausios Lietuvos kristalinės plutos uolienos, susidariusios beveik prieš 2 mlrd. metų (Motuza, 2022). Stratigrafiškai aukščiau slūgso amfibolitas – pirminis bazaltas, jį dengia biotito-kvarco feldšpatogneisas – pirminis smiltainis, arba riolitas. Šiai grupei priskirtinas ir dolomitinio marmuro klodas, kurio kilmės nustatymas yra labai svarbus metalogeniniu požiūriu. Nors jo kilmė nėra aiški, šiuo metu laikoma, kad tai nuosėdinė uoliena. Jauniausios uolienos Varėnos telkinyje yra granito gyslos, pagal geocheminius rodiklius ir amžių priskirtinos Kabelių arba Mozūrų kompleksams (Motuza, 2022; Šiliauskas, 2019).

1992–1996 m. Varėnos telkinys buvo ištirtas pagal paieškinių įvertinamųjų darbų reikalavimus. Lietuvos geologijos tarnybos užsakymu tyrimus atliko UAB „Geologiniai tyrimai“ kartu su Ukrainos kasybos įmonių specialistais, kurie vertino šachtos įrengimo būdus ir gavybos kaštus. Išgręžta naujų gręžinių, kurių bendras skaičius pasiekė 13, atlikti tikslūs magnetinio lauko tyrimai. Įvertinti telkinio geležies rūdos išteklių, nustatyta telkinio sandara, rūdos kūnų pavidalas, jos technologinės savybės, inžinerinės geologinės ir hidrogeologinės sąlygos (Marfinas, 1996).

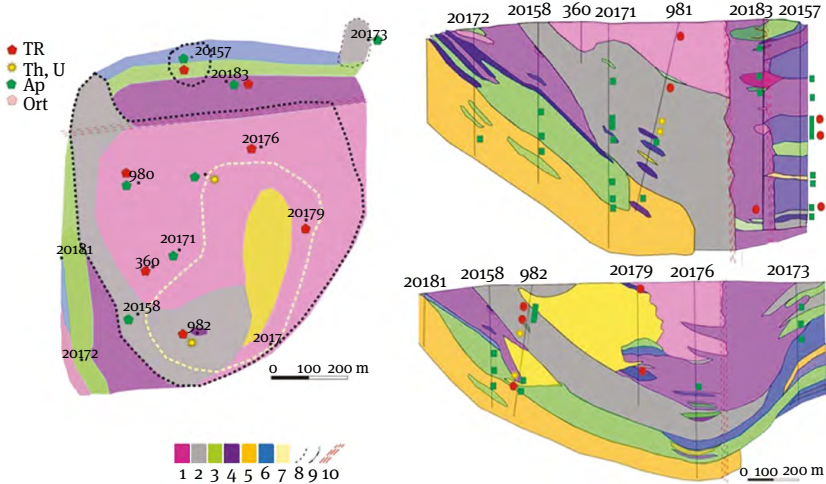
Kristalinis pamatas telkinio plote slūgso 355–387 m gylyje. Jį dengia ediakaro, kambro, permo, triaso, kreidos ir kvartero sistemų sluoksniai. Bendras telkinio plotas kristalinio pamato paviršiuje, taip pat jo projekcijos žemės paviršiuje plotas yra apytikriai 800 × 500 m. Varėnos komplekso kūnai surasti iki >800 m gylio. Vyraujančios serpentino-magnetito rūdos kūnai yra muldos, piltuvo arba atskirų sluoksnių pavidalo, krintantys dideliu kampu. Pagal geležies kiekį apibrėžiamų rūdos kūnų pavidalas netaisyklingas, telkinio ribose serpentino ir magnetito koncentracija kinta, todėl siekiant nustatyti įvairios sudėties uolienuų ir įvairios kokybės rūdos tūrius bei įvertinti telkinio išteklius, reikia daugiau duomenų. Be to, apie trečdalis išteklių paliekama šachtose pagal statybos reikalavimus.

Varėnos telkinio sodrios magnetito rūdos ($Fe > 45\%$) išteklių iki 800 m gylio įvertinti 142,2 mln. t, bet šie skaičiai dar nepatvirtinti Valstybinės išteklių komisijos. Bendri prognoziniai telkinio išteklių, įskaitant ir skurdžias rūdas, vertinami 540 mln. tonų.

Svarbi aplinkybė yra gretutinės naudingosios iškasenos, kurios gali būti išgaunamos kartu su geležimi. Tai vanadis, apatitas, retųjų žemių elementai, toris. Šių elementų anomaliniai, t. y. santykinai didesni, kiekiai nustatyti beveik kiekviename Varėnos telkinio gręžinyje (žr. 4 pav.).

Pagrindinis nerūdinis mineralas – serpentinas – pagal tankį ir kitas savybes ryškiai skiriasi nuo magnetito, ir tai palengvina rūdos sodrinimą. Atskirtas nuo magnetito serpentinas gali būti naudojamas mašinų tepalų gamyboje kaip antifrikcinė medžiaga, anglies dioksidui (CO_2) surišti ir laidoti.

Be geležies rūdos, gali būti išgaunamas ir greta slūgsantis granitas bei marmuras.



4 pav. Varėnos geležies telkinio apytikris vaizdas kristalinio pamato paviršiuje – žemėlapis ir pjūvis (pagal Motuza, Kirkliauskaitė, 2015).

Atskirų uolienų rūšių sudėtis apibendrinta, išskirta vyraujanti pirminė uolienos rūšis. Sutartiniai ženklai: 1 – gneisas – pirminis smiltainis, arba riolitas; 2 – serpentino-magnetito uoliena (rūda); 3 – amfibolitas; 4 – serpentino uoliena; 5 – klinopirokseno-biotito-kvarco feldšpato gneisas, pirminis dacitas; 6 – pirokseno uoliena; 7 – dolomitinis marmuras; 8 – rūdos paplitimo kontūras; 9 – dolomitinio marmuro paplitimo kontūras; 10 – lūžių ruožai.

Spalvotais stačiakampiais pažymėtos retųjų žemių elementų, apatito, Th ir U sandaigų vietos.

RETŪJŲ ŽEMIŲ ELEMENTAI

Retųjų žemių elementų (RŽE) grupę sudaro penkiolika lantanoidų, skandis ir itris, turintys panašias savybes. Pavadinimas kilo iš tų laikų, kai dar ne visi šios grupės elementai buvo surasti ir nemokėta jų atskirti – analizės metu jie sudarydavo baltas nuosėdas, vadintas „žemėmis“. Žemės plutoje šių elementų kiekis nemažas, bet jie retai sudaro telkinius. Šiuo metu didžioji dalis RŽE išteklių ir gavybos priklauso Kinijai. Jų poreikis skatina plėsti paieškas.

Pietų Lietuvoje kristalinio pamato tyrimų metu trisdešimtyje gręžinių nustatyta 120 RŽE mineralizacijos taškų. Daugiausia tai lengvųjų retųjų lantano ir cerio kiekiai, viršijantys 5 000 ppm. Šie skaičiai apytikriai, nes ėminiai buvo taškiniai, analizuoti pusiau kiekybinės spektrinės analizės būdu Lietuvos geologijos instituto laboratorijoje. Tik keli ėminiai patikrinti masių spektrometrijos metodu Kanados laboratorijoje ACME Labs. RŽE anomalijos nustatytos įvairiose Varėnos kompleksu uolienose (žr. 4 pav.) ir

Kabelių komplekso granitoiduose ir telkiasi dviejuose persidengiančiuose plotuose – Varėnos rūdinėje juostoje ir Kabelių granito kūnuose bei jų aplinkoje. Varėnos komplekso uolienose RŽE daugiausia kaupiasi apatite, monacite. Kabelių granite RŽE mineralais nešėjais dažniausiai yra ortitas, monacitas. Mineralizacija siejasi su kataklazės ir milonitizavimo juostomis granitoiduose. Didžiausia anomalija nustatyta Varėnos-967 gręžinyje, čia aptiktas milonitizuotas granitas, gneisiškos, porfiroklastinės (akinės) struktūros. RŽE kiekis daugelyje ėminių siekia kelis procentus.

Kitas RŽE mineralizacijos atvejis nustatytas Merkinės (Grybaulios)-354 gręžiniu. Gręžinys skirtas Kabelių batolito šiaurinei daliai ištirti. Čia kerne išskeltas granitas yra kertamas gyslų, sudarytų iš magnetito, apatito, ortito su didesniu RŽE kiekiu. Dėl torio priemaišos gyslutės sukelia 980 mkr/val radioaktyvumo anomaliją, matomą diafragijos kreivėje. Surasti RŽE telkinius uždaroje srityse daug sunkiau negu geležies. Čia būtina mokslinė prognozė, paremta nustatytais metalogeniniais veiksniais ir jų pasireiškimo laikotarpiu. RŽE mineralizacija, erdvės aspektu susijusi su Varėnos komplekso uolienomis, galėjo susidaryti ir panašiu laiku. Tai rodo vienodas paklaidos ribose RŽE mineralų nešėjų (monacito, badeleito ir cirkonio) amžius, kuris vidutiniškai įvertintas kaip 1,713 Ga (Skridlaite et al., 2024).

Kabelių granitoidų batolite surastos RŽE apraiškos dažnai yra susijusios su lūžiais, kataklazės ruožais. Tai rodo, kad mineralizacija yra jaunesnė už Kabelių granitą, kurio amžius yra apie 1,509 Ga. Tačiau RŽE mineralizacija gali būti ir gerokai jaunesnė, vėlyvojo devono ir karbono laikotarpio, kai vyko magmatizmas, susijęs su Dniepro-Dono rifto (aulakogeno) susidarymu, kurio poveikis jaučiamas ir Lietuvoje (Motuza et al., 2015; Suveizdis, 2003). Tokio amžiaus intruzijos ir mineralizacija žinomos kaimyninėje Lenkijoje (Mlavos, Elko, Pišo intruzijos).

Ieškant metalogeninių veiksnių, svarbu nustatyti Varėnos geležies telkinyje ir kitur VRJ aptiktų karbonatų kilmę, nes didžiausi pasaulyje RŽE telkiniai susiję su karbonatitiniu ir šarminiu magmatizmu, todėl magminių karbonatitų nustatymas labai padidintų RŽE mineralizacijos tikimybę. Tuo požiūriu būtina įvertinti ir šarminio magmatizmo galimybę bei metalogeninę reikšmę VRJ. Varėnos komplekso uolienos vietomis yra šarminės, jose rasta daugiau Na, K mineralų (albito, mikroklino, skapolito, nefelino), taip pat didesnis šių elementų kiekis kituose mineraluose (piroksene, amfibole), nustatytos šarminės metasomatozės apraiškos (fenitizacija) (5 pav.).

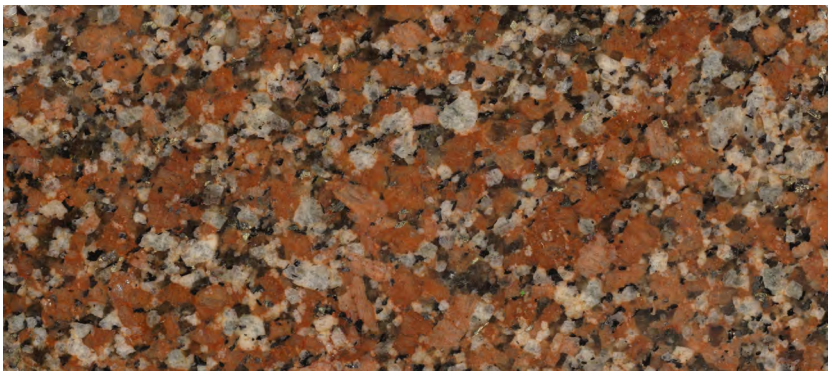


5 pav. Kataklažuotas granitas su ortitu – RŽE rūdos apraiška, Varėnos-967 gręžinys (G. Motuzos archyvas).

VARIO IR MOLIBDENO RŪDA

Vario ir molibdeno persidengianti mineralizacija aptikta Kabelių batolite, kuris buvo tiriamas ieškant granito (Marcinkonių objektas). Kristalinis pamatas čia slūgso 250–260 m gylyje, todėl jo gavyba įmanoma atviru būdu. Batolito sudėtyje pagal fizines ir dekoratyvines savybes vyrauja kokybiškas granitas (6 pav.).

Tačiau granito kokybę neigiamai veikia ortogonaliniai lūžiai, skaldantys granito kūną stačiakampiais keliolikos km² blokais. Tie lūžiai aktyvūs ligi šiol, jų ribojami blokai juda po kelis milimetrus per metus skirtingu greičiu, o kai kurie ir priešingomis kryptimis. Blokus ribojančiuose lūžiuose uolienos padūlėję, plyšiuotos, vandeningos ir tęsiasi vis gilyn. Todėl vienas tyrimo tikslų buvo nustatyti tų lūžių padėtį. Tikrinant galimo lūžio vietą Marcinkonių-7 gręžiniu ir buvo aptikta Šklėrių vario ir molibdeno



6 pav. Kabelių batolito granitas iš Marcinkonių-1 gręžinio (G. Motuzos archyvas).

rūdosa apraiška (vadinama pagal kaimą, kur buvo gręžinys). Aprūdėjimas, nors ir netolygus, matomas per visą pragręžtą storymę (256,6–406,1 m). Molibdenitas yra smulkių kristalų, jų porfyriškų sankaupų ar milimetrinio storio gyslučių, panašių į štokverką, pavidalo. Aplinkos uoliena yra metasomatiškai pakitęs (albitizuotas, mikroklinizuotas) granitas. Vario mineralizacija – tai daugiausia chalkopirito grūdelių sankaupos. Abiejų elementų rūdiniai arealai persidengia, bet tik iš dalies. Sodresnės rūdos intervalai buvo tirti ICP-MS būdu paimant kerno ėminius: kerno stulpelis buvo pjaunamas per pusę, viena pusė sutrinama, sumaišoma iki vientisos sudėties ir iš jos imamas ėminys analizei, kuri objektyviai rodo tikrą Cu ir Mo kiekį tirtame intervale. Nustatyta, kad didžiausi Mo kiekiai siekia 1–2 %, o Cu – 5–6 %. Tai gerokai viršija pramoninius šių elementų kiekius rūdose.

Molibdenito amžius ir mineralizacijos laikas nustatytas tiesiogiai datuojant molibdenitą Re-Os metodu. Gautas amžius – $1,485 \pm 5$ (Stein et al., 1998) labai artimas Kabelių granito amžiui. Tai rodo aprūdėjimo ryšį su magmatizmu ir telkinių susidarymo galimybes. Šias prognozes patvirtina ir kituose gręžiniuose pastebėti molibdenito grūdeliai, analizėmis nustatyti Mo kiekiai, dešimtis kartų viršijantys vidurkinius, taip pat hidrocheminės anomalijos – didesni Mo kiekiai požeminiame vandenyje. Molibdeno ir vario mineraloginių ir geocheminių apraiškų yra ne tik Kabelių batolite, bet ir VRJ pietinėje dalyje, kur yra Kabelių komplekso granito mažųjų kūnų (Dzūkijos-18 gręžinys).

IŠVADOS

Pietų Lietuvoje negiliai (< 500 metrų) slūgsančiuose kristalinio pamato plotuose surasta smulkių serpentino-magnetito geležies rūdos apraiškų ir Varėnos telkinys. Telkinio padėtis šalia geležinkelio ir miesto palengvintų gavybą. Nepalankiomis aplinkybėmis būtų nedideli sodrios (Fe > 45 %) rūdos išteklių (142,2 mln. t), palyginti su bendrais (540 mln. t) ištekliais, netolygus ir kaitus įvairios kokybės rūdos pasiskirstymas, staigus rūdinių kūnų gelmėjimas.

Ultramafinio Varėnos komplekso uolienuų ir Kabelių komplekso granitoidų kūnuose surasta apatito, RŽE ir radioaktyviųjų elementų (U, Th) mineralizacijos apraiškų – vietų, kur šių metalų koncentracija viršija pramoninį lygį, bet kūnų pavidalas, dydis ir išteklių nėra įvertinti. Nustatyti metalogeniniai veiksniai, palankūs šių metalų judrumui ir koncentracijai – sąsajos su regioninio magmatizmo ir postmagminiais vyksmais, lūžine tektonika, lokalus didesnis uolienuų šarmingumas bei keli mineralizacijos etapai leidžia prognozuoti pramoninės vertės telkinius.

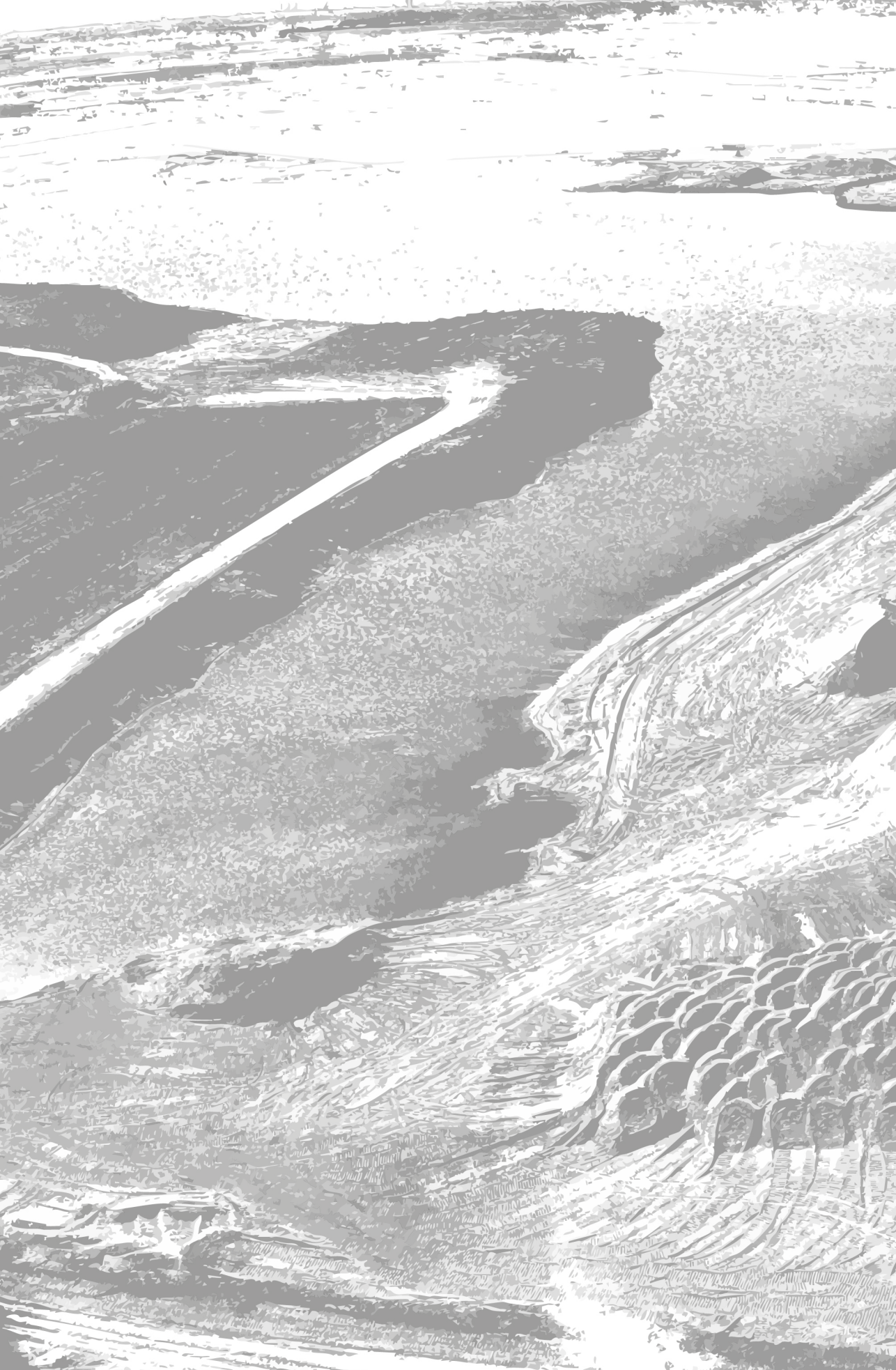
Pietų Lietuvos rūdinių objektų vertę padidintų kompleksinis naudojimas, kai kartu išgaunama geležis, kiti metalai ir greta esančios naudingos medžiagos – serpentinas, marmuras, granitas, flogopitas. Numatant rūdinių telkinių eksploataciją būtina atsižvelgti į šios veiklos poveikį aplinkai, kuri Pietų Lietuvoje yra itin vertinga (žr. skyrių „Gelmių apsauga“).

Literatūra

1. Kapustinskas P. 2009. *Tarp Lietuvos geologų: dienoraščių santraukos, 1962–1984 metai*. Vilnius: Versus aureus. 287 p.
2. Motuza G. 2022. *The Precambrian Geology of Lithuania: An Integratory Study of the Platform Basement Structure and Evolution*. Springer Nature Switzerland. 203 p.
3. Motuza G., Kirkliuskaitė V. 2015. Ultramafic Varėna Suite in the Precambrian crystalline basement of the Southern Lithuania – implications for the origin. *Baltica*, Vol. 29, No. 2, p. 93–106.
4. Motuza G., Šliaupa S., Timmerman M. J. 2015. Geochemistry and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of Early Carboniferous dolerite sills in the southern Baltic Sea. *Estonian Journal of Earth Sciences*, Vol. 64, No. 3, p. 233–248.
5. Stei, H. J., Sundblad K., Markey R. J., Morgan J. W., Motuza G. 1998. Re-Os ages for Archean molybdenite and pyrite, Kuittila–Kivisuo, Finland and Proterozoic molybdenite, Kabeliai, Lithuania: testing the chronometre in a metamorphic and metasomatic setting. *Mineralium Deposita*, Vol. 33, p. 329–345.
6. Suveizdis P. (sud.). 2003. *Lietuvos tektoninė sandara*. Vilnius: Geologijos ir geografijos institutas. 160 p.
7. Šiliauskas L. 2019. Evolution of the Proterozoic Magmatic Complexes in Southern Lithuania: Implications for the Formation of the Varena Iron ore Deposit: doctoral dissertation. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla. 97 p.

Fondinis darbas

8. Marfinas S. (ats. vykd.). 1996. Varėnos geležies rūdos telkinio paieškinių įvertinamųjų darbų ataskaita. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba, LGT fondas, Nr. 4508.



6. Lietuvos gruntai

IR GEOLOGAS, IR INŽINIERIUS

Inžinerinė geologija – tai geologijos mokslo šaka, tirianti geologinės aplinkos sandarą, savybes, dinamiką ir sąveiką su inžineriniais statiniais, taip pat analizuojanti racionalaus jos panaudojimo galimybes inžinerinėje žmogaus veikloje. Paprasčiau tariant, inžinieriai geologai aiškinasi, kokios uolienos ir gruntai glūdi po mūsų kojomis, kokios jų savybės (stiprumas, stabilumas, spūdumas ir kt.), kaip jie kinta ir kaip juos saugiai bei racionaliai naudoti, projektuojant ir statant įvairius statinius.

Minėta mokslo sritis remiasi ne tik įvairiomis pačios geologijos mokslo disciplinomis – hidrogeologija, mineralogija, kvartero geologija, geodinamika ir kitomis – bet ir geografija, fizika, chemija, gruntų ir uolienų mechanika. Ji glaudžiai susijusi su civilinės inžinerijos šaka – geotechnika. Tai ir mokslinė, ir praktinė veikla, apimanti inžinerinių statinių pamatų projektavimą bei statybą. Svarbu suprasti, kad bet kokio pastato ar infrastruktūros objekto statyba prasideda nuo geologinio pagrindo pažinimo. Inžineriniai geologiniai tyrimai būtini visiems statinių projektams. Grunto tyrimai (gręžiniai, lauko bandymai ir grunto bandinių tyrimai laboratorijoje) parodo, ar gruntas pasirinktoje vietoje išlaikys pastatą, kelią ar tiltą.

Geologai, dirbantys šioje srityje, tiria ir geologinius procesus, galinčius paveikti statinius – nuo natūralių, pavyzdžiui, nuošliaužų, karsto ar žemės drebėjimų, iki žmogaus sukeltų procesų, tokių kaip grunto slūgimas pumpuojant vandenį, dėl transporto vibracijos ar požeminio vandens lygio pažeminimo. Įvertinus grėsmes, galima numatyti tinkamus sprendimus, pavyzdžiui, sutvirtinti šlaitą, įrengti drenažą ar parinkti gilesnius pamatus, kad statinys išliktų stabilus net ir sudėtingomis inžinerinėmis geologinėmis sąlygomis.

Be to, šios srities specialistai atlieka didžiulį vaidmenį ieškant, įvertinant ir eksploatuojant žemės gelmių išteklius. Geologų sudaryti naudingųjų iškasenų žemėlapiai leidžia planuoti, kur galima įrengti karjerus ar šachtas, o inžinieriai geologai prisideda prie jų projektavimo.

Svarbiausios inžinerinių geologinių tyrimų ir jų rezultatų panaudojimo sritys:

- 1) civilinės ir pramoninės paskirties statinių pamatų statyba;
- 2) kelių, geležinkelių, tiltų ir kitų susisiekimo komunikacijų projektavimas ir statyba;
- 3) hidrotechninė statyba: hidroelektrinės, krantinės, pramoninis ir žemdirbystės laukų drenažas, tvenkinių įrengimas;
- 4) kalnakasybos objektai: šachtos, karjerai, terikonai;
- 5) regioninės geologijos gamtinių ir antropogeninių procesų tyrimai: karstėjantys masyvai, nuošliaužos, krantų erozija bei abrazijs ir kt.

Informacija apie aplinkos geologinę sandarą, gruntų savybes, sudėtį ir būseną, teritorijos geomorfologines sąlygas, reljefo ypatumus, požeminio vandens slūgsojimo gylį, jo sudėtį, dinamiką, spūdžius, taip pat apie gamtinius ir technogeninius procesus yra būtina teritorijų planuotojams, architektams, projektuotojams, pamatų konstruktoriams, geotechnikams, statybininkams ir aplinkosaugos specialistams. Šia informacija naudojasi ir privatūs asmenys, įmonių, savivaldybių specialistai bei kitų įstaigų darbuotojai, kuriems šios žinios reikalingos vykdant ūkinę veiklą.

INŽINERINĖ GEOLOGIJA ISTORIJOS PLOTMĖJE

Kada žmonija pradėjo kaupti patyrimą veiklos srityje, kuri šiandien vadinama inžinerine geologija, sunku net įsivaizduoti. Išlikęs kultūros ir technikos paveldas byloja, kad jau tūkstančius metų prieš Kristų buvo statomi unikalūs statiniai – tūkstančio tonų svorio ir 20 metrų aukščio kolonos faraonės Hačepsutos (Hatshepsout) laikų šventykloje Aukštutiniame Egipte (XIII a. pr. Kr.), didžiausias pasaulyje gynybinis įrenginys – Didžioji kinų siena (VI–V a. pr. Kr.), Eridu šventykla – zikuratas Mesopotamijoje (IV–III a. pr. Kr.), ir pagaliau didžiausia pasaulyje Cheopso piramidė Gizoje, Žemutiniame Egipte (apie 2570 m. pr. Kr.). Šie pavyzdžiai stebina ir įkvepia.

Vėliau, Antikos ir Ankstyvųjų viduramžių laikais, žmonės sugebėjo gana tiksliai vertinti aplinkos savybes ir prie jų pritaikyti statinius bei kitus inžinerinius įrenginius. Daugiausia tai buvo gynybinės ir religinės paskirties pastatai, drėkinimo kanalai, užtvankos bei kalnakasybos šachtos. Šiuo laikotarpiu buvo sukurti nuostabios architektūros šedevrai, tokie kaip Partenonas – deivės Atėnės šventykla Atėnų akropolyje, ar Koliziejus – didžiausias senovės Romos amfiteatras, kurie išliko iki šių dienų ir stebina žmones savo meistriškumu.

Tokių meistriškai pastatytų statinių autoriai – tuomečiai „inžinieriai“ – rašytinių šaltinių nepaliko. Tad iš amžių glūdumos ateinančių žinių inžinieriai geologai nedaug ko galėjo tikėtis. Dauguma specialistų mano, kad vargu ar galima bent apytiksliai nustatyti, kada statybos, kalnakasybos ir kitų amatų meistrai, siekdami įvertinti pastatų ir kitų inžinerinių įrenginių stabilumą, pradėjo tyrinėti uolienų, tiksliau sakant, gruntų savybes. Inžinerinių geologinių duomenų kaupimo ir jų apibendrinimo pradžia siejama su XIX a. pirmąja puse, kai paspartėjo pramonės raida ir kartu sparčiau vystėsi kalnakasyba, geležinkelių transportas bei civilinė ir pramoninė statyba. Kaip ir kitose srityse, konkurencinėje kovoje siekiant kuo didesnio pelno bei siekiant išvengti nuostolių, statyba turėjo būti vykdoma užtikrintai, o tam pirmiausia reikėjo inžinerinių žinių apie gruntų geologines savybes. Taip ėmė formuotis atskira geologijos mokslo šaka – inžinerinė geologija. Šią sąvoką imta naudoti XX a. pradžioje. Teorinius pagrindus padėjo knyga „Ingenieurgeologie“ („Inžinerinė geologija“), 1929 m. išleista Vienos universitete (K. von Terzaghi, K. A. Redlich, R. Kampe). Joje buvo suformuluotos inžinerinės geologijos mokslo ir praktinės veiklos nuostatos. Kaupiantis žinioms ir patirčiai, inžinerinėje geologijoje susiformavo trys pagrindiniai principai: 1) statant ir vykdant inžinerinius darbus, statinys ar kitas įrenginys turi „pritapti“ prie esamų geologinės aplinkos sąlygų; 2) statant būtina žinoti geologinius procesus ir jų galimas pasekmes bei, naudojant inžinerines priemones, eliminuoti riziką, galinčią sukelti avarines situacijas; 3) projektuojant ir statant bet kurios paskirties įrenginius, inžineriniai geologiniai tyrimai turi užtikrinti, kad priimami sprendimai garantuotų ilgalaikę ir stabilią statinio būklę pasirinktoje geologinėje aplinkoje.

Minėtiems principams įgyvendinti inžinerinėje geologijoje susikūrė ir atitinkamas priemonių arsenalas:

1) atskiros tyrimų kryptys – gruntotyra, inžinerinė geodinamika, regioninė inžinerinė geologija;

2) tyrimų stadijiškumas – aplinkos inžinerinis geologinis kartografavimas; statybos aikštelės preliminarūs ir detalūs tyrimai; eksperimentiniai lauko bei laboratoriniai gruntų deformacinių ir kitų savybių tyrimai; požeminio vandens bei antropogeninių ir gamtinių procesų vertinimas;

3) stacionari statinių ir geologinės aplinkos inžinerinė geologinė stebėseną, skirta sąveikaujančių kūnų – grunto ir statinio – dermės pasekmėms išaiškinti, geologinės aplinkos ir inžinerinių statinių pokyčiams stebėti bei rezultatams apibendrinti.

INŽINERINĖ GEOLOGIJA LIETUVOJE

Mokslo krypties raidą lemia socialinis užsakymas, kitaip tariant, žinios, būtinos sprendžiant praktinius uždavinius. Lietuvos miestai statėsi ir vystėsi visais laikais, tačiau geotechninė statyba ilgą laiką rūpesčių nekėlė. Tarpukario Lietuvoje, kaip rašė prof. Jonas Šimkus, „gruntai didelėje teritorijos dalyje – stiprūs, pamatų apkrovos – nedidelės, statiniai – nesudėtingų konstrukcijų. Geotechninio projektavimo praktikoje remtasi literatūroje teikiamais apytikriais duomenimis apie gruntų savybes, pagrindo stiprumas vertintas supaprastintai, todėl likdavo didelė pagrindo stiprumo atsarga.“ Retrospektyviai žvelgiant į mokslo ištakas, verta paminėti, kad dar XVIII a. pabaigoje, 1793 m., Vilniaus universiteto (VU) profesorius Laurynas Gucevičius, garsusis Vilniaus arkikatedros statytojas, architektūros studijų programoje nurodė, kad pirma reikia „mechanikos taisyklėmis įrodyti, kokius ir kurioje vietoje dėti pamatus, kad jie išlaikytų išskaičiuotą masės pusiausvyrą santykiyje su statinio didumu (...), kad būtų išlaikyta proporcija ir užtikrintas pastovumas.“

XIX a. Lietuvos teritorijoje buvo pastatyti stambūs inžineriniai įrenginiai – Kauno tvirtovė, Vilniaus ir Kauno tuneliai, tiltai bei kiti statiniai, kuriems projektuoti buvo naudojami to meto inžinerinių geologinių tyrimų duomenys. Garsūs to meto inžinieriai tiltų statytojai buvo Stanislovas Kerbedis (1810–1899) ir Petras Vileišis (1851–1926) – abu baigę aukštuosius mokslus Peterburge, savo veikloje neabejotinai taikė inžinerinės geologijos metodus.

Kitas žymus kelių inžinierius – technikos mokslų daktaras profesorius Platonas Jankauskas (1860–1941) – baigė Peterburgo kelių inžinierių institutą ir daugiausia dirbo Rusijos imperijos geležinkelių statybose. Jis dėstė Aukštuosiuose kursuose, vėliau tapo Kauno universiteto profesoriumi, teorinės mechanikos katedros vedėju. Sukūrė naują statinių smėlio pagrindų eksperimentinio tyrimo metodą, o už teorinius tyrimus apdovanotas Paryžiaus mokslų akademijos aukso medaliu.

Tarpukario Lietuvoje sudėtingesnius geotechnikos inžinerijos klausimus sėkmingai sprendė patyrę praktikai, statybų inžinieriai. Kai kuriuos su geotechnika susijusius mokslo klausimus nagrinėjo Vytauto Didžiojo universiteto (VDU) mokslininkai – prof. Juozas Dalinkevičius, prof. Pranas Jodelė, prof. Mykolas Stasys Kaveckis, prof. Jonas Šimoliūnas ir kiti inžinieriai.

XX a. pirmojoje pusėje inžinerinės geologijos tyrimai Lietuvoje buvo nedideli, tačiau jau tada buvo juntama specialistų stoka. Tyrimai daugiausia buvo susiję su stambiomis valstybės dviejų uostų statybomis, kurių lyderiu buvo žinomas inžinierius, VDU Technikos fakulteto profesorius (nuo 1936 m.) Jonas Šimoliūnas (1878–1965). Jis 1924–1936 m. ėjo

Susisiekimo ministerijos vyr. inspektoriaus ir Klaipėdos bei Šventosios uostų statybos viršininko pareigas. 1937–1939 m. VDU išleido J. Šimoliūno keturių tomų veikalą „Statyba“, kuriame pateikta duomenų apie statybinių gruntų savybių tyrimus ir statybinių patirtį Lietuvoje. Be to, jis yra knygų „Šventosios uostas: istorija, ekonominė reikšmė, uosto statyba“ (1933) ir „Klaipėdos uostas“ (1939) autorius.

Plėtojantis geologijos mokslams nepriklausomoje Lietuvoje, 1940 m. žinomas kalnų inžinierius geologas Juozas Dalinkevičius (1893–1980), tapęs profesoriumi ir suprasdamas inžinerinės geologijos svarbą valstybės gyvenime, VDU įkūrė Inžinerinės geologijos katedrą. Antrasis pasaulinis karas sustabdė visus mokslinius ir gamybinius geologinius darbus – buvo uždaryti Vilniaus ir Kauno universitetai, tačiau kai kurie tyrimai vis dėlto buvo tęsiami. Vandens valdybos iniciatyva 1943 m. Anykščių rajone buvo atlikti Šventosios upės slėnio inžineriniai geologiniai tyrimai planuojamoms hidroelektrinių statyboms, kurioms vadovavo prof. J. Dalinkevičius. 1944 m. jis paskelbė du inovatyvius straipsnius: „Geotechninių konstantų klausimu“ ir „Lietuvos pleistoceno stratigrafiniai bruožai“. Šių publikacijų reikšmė, ypač pirmosios, Lietuvos inžinerinės geologijos mokslui aukštai įvertino doc. Ramutis Bonifacas Mikšys (1992). Straipsnyje pateikta Lietuvos gruntų regioninė klasifikacinė schema ir, svarbiausia, profesorius sukurti optimalūs ir labai efektyvūs grafoanalitiniai sprendiniai-diagramos, susiejantys net dešimt grunto fizikinių savybių rodiklių. Šie sprendiniai iki šiol taikomi pasaulinėje praktikoje.

Ypač daug nuveikė inžinerinės geologijos tyrimų srityje VDU profesorius Mykolas Stasys Kaveckis (1889–1969). Gerai žinomi jo darbai karsto, nuošliaužų procesų, šlaitų pastovumo bei tvenkinių krantų dinamikos tyrimų srityse. 1952 m., vadovaujant prof. M. S. Kaveckiui, Kauno politechnikos instituto Inžinerinės geologijos katedroje pradėti sistemingi kompleksiniai Lietuvos gruntų fizinių ir mechaninių savybių tyrimai. 1961 m. jis paskelbė pirmąją Lietuvos teritorijos inžinerinio geologinio rajonavimo schemą, kurioje išskyrė 11 zonų, pasižyminčių skirtingu reljefu, gruntų savybėmis ir hidrogeologinėmis sąlygomis.

Vis dėlto Lietuvoje ryškus ir sistemingas inžinerinės geologijos mokyklos plėtojimasis, prasidėjęs pokario laikotarpiu, reikšmingai paveikė ir geotechninių mokslinių tyrimų kryptį. Šios krypties pradininku laikomas profesorius Jonas Šimkus (1921–2008). Jo iniciatyva 1968 m. Kauno politechnikos institute buvo įsteigta Pamatų ir pagrindų mokslinė laboratorija. 1971 m., įkūrus Vilniaus inžinerinį statybos institutą (vėliau Vilniaus Gedimino technikos universitetas, dabar VILNIUS TECH), laboratorija buvo perkelta į Vilnių, o nuo 1992 m. vadinama Geotechnikos mokslo laboratorija. Prof. J. Šimkus buvo ilgametis šios laboratorijos vadovas ir 1970 m. į Vilniaus inžinerinį statybos institutą

perkeltos Inžinerinės geologijos katedros, pervardytos į Pagrindų ir pamatų katedrą, vedėjas. Šioje katedroje susiformavo mokslinis kolektyvas, kuriame sėkmingai dirbo žinomi geotechnikos specialistai, profesoriai, mokslų daktarai.

Geotechnikos sritis glaudžiai susijusi su geologija ir inžinerija, todėl sėkmingam statybų projektinių uždavinių sprendimui buvo reikalingi ir geologai, turintys specialų inžinerinį geologinį-hidrogeologinį pasirengimą. Tokius specialistus galėjo rengti VU, todėl 1963 m. VU Gamtos mokslų (dabar Chemijos ir geomokslų) fakultete buvo įkurta Hidrogeologijos ir inžinerinės geologijos katedra, kurios pagrindinis tikslas – suteikti universitetinį išsilavinimą ir parengti specialistus hidrogeologiniams ir inžineriniams geologiniams tyrimams vykdyti. Pirmuoju katedros vedėju buvo hidrogeologas doc. dr. Alfonsas Kondratas (1932–2001). Šį VU padalinį baigė per kelis šimtus inžinierių geologų, iš kurių daugelis pasižymėjo reikšmingais moksliniais ir praktiniais pasiekimais inžinerinių geologinių (geotechninių) tyrimų srityje, o geriausieji tapo mokslų daktarais, profesoriais bei žinomais mokslininkais ar verslo vystytojais. Kita vertus, tenkinant augantį poreikį, gamybinėse ir projektavimo organizacijose plėtėsi inžinerinių geologinių tyrinėjimų grupės, pradėjusios kurtis dar 1940–1941 m. Jos tapo pajėgiais žinybinių projektavimo institutų inžinerinių geologinių tyrimų padaliniais (skyriais), kaip antai, Pramoninės statybos projektavimo institutas, Komunalinio ūkio projektavimo institutas, Žemės ūkio statybos projektavimo institutas bei Miestų statybos projektavimo institutas. Sparčiai didėjant inžinerinių tyrinėjimų apimčiai, 1971 m. įkurtas Inžinerinių tyrinėjimų institutas, sujungęs kitų žinybų geodezinių ir inžinerinių geologinių tyrimų padalinius. Visas inžinerinių geologinių tyrimų kompleksas tapo privalomas visiems naujai projektuojamiems statybos objektams, griežtai laikantis normatyvinių dokumentų, nustatančių inžinerinių geologinių darbų apimtį ir metodikas. Tuo metu sukaupti archyviniai duomenys yra itin vertingi ir labai naudingi tyrėjams, atliekantiems specialiuosius inžinerinio geologinio kartografavimo ar gruntų savybių duomenų rinkimo ir analizės darbus.

Atkūrus Lietuvos nepriklausomybę ir „subyrėjus“ valstybiniam projektavimo institutams, inžinerinės geologijos specialistai ėmė steigti privačias tyrimų bendroves. Daugiausia tokių įmonių susikūrė 1993–1997 metais. Inžinerinius geologijos tyrimus vykdė ir 1991 m. atkurta Lietuvos geologijos tarnyba, turinti Inžinerinės geologijos skyrių, kurio užduotis – Lietuvos teritorijos inžinerinis geologinis kartografavimas, šiuolaikinių pavojingų geologinių procesų ir reiškinių tyrimai bei Šiaurės Lietuvos karstinio regiono inžinerinių geologinių problemų sprendimas.

STATYBOS AIKŠTELIŲ INŽINERINIAI GEOLOGINIAI TYRIMAI

Gana spartus bendrasis ūkio augimas ir didėjanti būsto bei komercinių patalpų paklausa sudarė geras sąlygas Lietuvos statybos pramonės plėtrai. Palanki Lietuvos ekonomikos raida skatino masinę pramoninę ir civilinę statybą, o kartu lėmė ir reikšmingą inžinerinių geologinių tyrimų apimtis didėjimą. Didžiuosiuose miestuose sparčiai daugėjo daugiaaukščių gyvenamųjų ir administracinių pastatų su kelių lygių požeminėmis automobilių stovėjimo aikštelėmis, formavosi individualių gyvenamųjų namų kvartalai, vyko pastatų rekonstrukcijos, vystėsi pramonė ir žemės ūkis, buvo tiesiami nauji keliai ir geležinkeliai („VIA Baltica“, „RAIL Baltica“), plėtojosi komunikacijos ir energetikos objektai (vėjo jėgainių parkai, aukštos įtampos elektros perdavimo linijos). Dėl šių procesų išaugo kvalifikuotų ir plačios apimties inžinerinių geologinių tyrimų poreikis.

Šioje srityje mūsų inžinerinės geologijos veikla pirmiausia orientuota į pamatų projektavimo ir statybos poreikius. Ji teikia pamatų konstruktoriams ir projektuotojams informaciją apie gruntus, slūgsančius po būsimais pastatais, vertina hidrogeologines sąlygas bei neigiamus geologinius procesus ir reiškinius, galinčius pasireikšti eksploatuojant statinį.

Per pastaruosius 20–25 metus labai pasikeitė pamatų įrengimo būdai. Lietuvoje susiformavo tradicija daugumai statinių įrengti polinius pamatus. Tai lėmė specializuotų statybos bendrovių įsigyta moderni technika, leidžianti pamatus įrengti gerokai pigiau, greičiau ir efektyviau. Kita vertus, to reikalauja ir vis sudėtingesni pastatų projektai – statiniai vis dažniau gilinami ir kyla vis aukščiau. Naujos technologijos užkariavo visą Lietuvos pamatų statybos rinką ir kai kuriais atvejais, galbūt nepelnytai, nustūmė į užmarštį sekliųjų pamatų statybos technologijas. Šios pamatų statybos tradicijos daro reikšmingą poveikį ir inžinerinių geologinių tyrinėjimų specifikai.

Inžineriniai geologiniai tyrinėjimai yra glaudžiai susiję su pamatų projektavimu ir jų įrengimu, todėl inžinieriai geologai, pamatų konstruktoriai bei pamatų statytojai labai artimai bendradarbiauja. Toks trišalis bendradarbiavimas yra labai svarbus viso statinio statybos proceso metu. Be inžinerinių geologinių tyrinėjimų duomenų neįmanoma suprojektuoti pamatų, be projekto – jų įrengti, o statybos metu išskylančias problemas padeda spręsti papildomi tyrimai.

Šiuo metu Lietuvoje inžineriniai geologiniai tyrimai atliekami laikantis galiojančių norminių aktų – STR 1.04.02: 2011 „Inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai“, Eurokodo 7 ir kitų susijusių dokumentų. Visą šią veiklą prižiūri Lietuvos geologijos tarnyba (LGT). Tyrimų metu surinkta



1 pav. Gręžinys įrengiamas vibraciniu sukamuoju būdu, Telšių r., 2022 m. (UAB „Geotestus“).

informacija kaupiama LGT geologijos fonde ir yra prieinama visiems suinteresuotiems asmenims.

Inžineriniai geologiniai tyrimai susideda iš kelių etapų. Pagrindinis jų tikslas – įvertinti būsimos statybos aikštelės ar tiriamos teritorijos inžinerines geologines sąlygas. Siekdami visapusiškai apibūdinti šias sąlygas ir glaustai pateikti tyrimų rezultatus, inžinieriai geologai naudoja įvairius lauko ir laboratorinius tyrimo metodus. Pirmiausia – klasikinių gręžinių gręžimą, kurio metu imami grunto mėginiai, nustatoma geologinė teritorijos sandara, įvertinamas požeminio vandens slūgsojimo gylis ir pobūdis (1–4 pav.).

Gruntų sudėtis, savybės ir būsena yra vieni svarbiausių tyrimo komponentų, nes šie duomenys būtini konstruktoriams, apskaičiuojant pamatų laikomąją galią ir nuosėdžius. Lauko tyrimams taikomi tokie metodai kaip



2 pav. Gręžinys įrengiamas vibraciniu sukamuoju būdu, Arsenalo g. 1, Vilnius, 2021 m. (UAB „Geotestus“).



3 pav. Statinio zondavimo bandymas, Arsenalo g. 1, Vilnius, 2021 m. (UAB „Geotestus“).



4 pav. Dilatometrijos bandymas, IAE teritorija, Visaginas 2012 m. (UAB „Geotestus“).

statis ir dinaminis zondavimas (4 pav.), presiometrija, dilatometrija (4 pav.), bandymai statinės apkrovos plokštėmis, seisminiai geofiziniai metodai ir daugelis kitų. Paimti bandiniai (5–8 pav.) papildomai tiriami ir laboratorijose, kur atliekami oedometriniai, šlyties ir triašio gniuždymo bandymai, nustatoma granulimetrinė sudėtis ir fizinė būseną (9, 10, 11 pav.)



5 pav. Paimti nesuardytos struktūros grunto bandiniai laboratoriniams tyrimams, 2024 m., Akmenės r. (UAB „Geotestus“).



6 pav. Paimti uolienos bandiniai laboratoriniams tyrimams, 2024 m., Akmenės r. (UAB „Geotestus“).

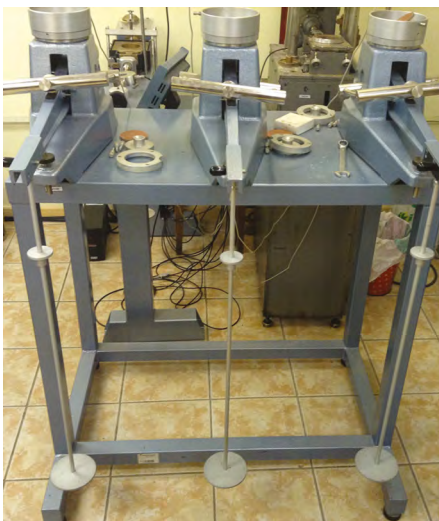
6 skyrius



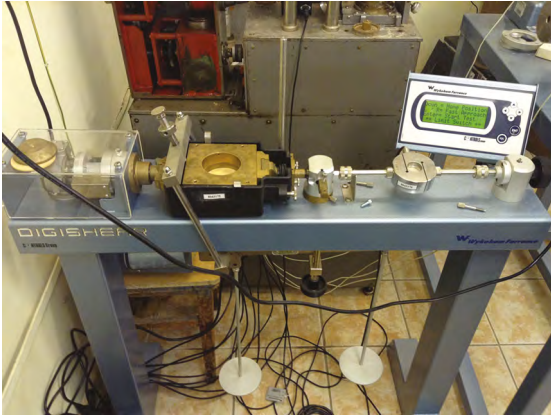
7 pav. Paimti uolienos bandiniai laboratoriniams tyrimams, 2024 m., Pasvalio r. (UAB „Geotestus“).



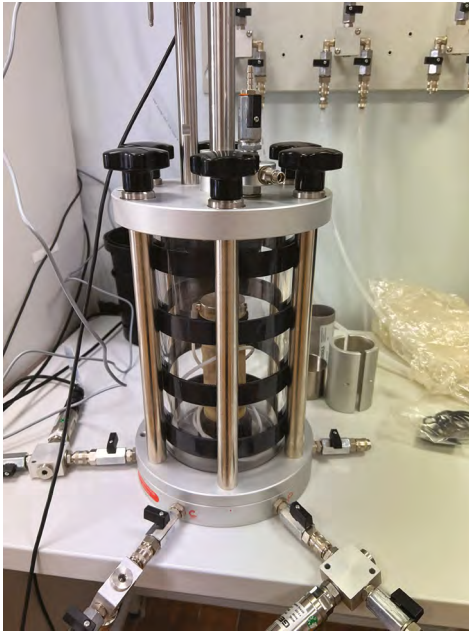
8 pav. Kernas paruoštas išvežti į laboratoriją, 2024 m., Akmenės r. (UAB „Geotestus“).



9 pav. Laboratorinė gruntų tyrimų įranga VU Geomokslų instituto Hidrogeologijos ir inžinerinės geologijos katedroje – spūdumo matavimo prietaisas, 2025 m. S. Gadeikio nuotr.



10 pav. Laboratorinė gruntų tyrimų įranga VU Geomokslų instituto Hidrogeologijos ir inžinerinės geologijos katedroje – tiesioginio kirpimo prietaisas, 2025 m. S. Gadeikio nuotr.



11 pav. Laboratorinė gruntų tyrimų įranga VU Geomokslų instituto Hidrogeologijos ir inžinerinės geologijos katedroje – triašio gniuždymo prietaisas, 2025 m. S. Gadeikio nuotr.

Pastaraisiais metais Lietuvoje įkurta modernių, naujaisiais įranga aprūpintų inžinerinių geologinių grunto tyrimų laboratorijų. Šiuolaikine įranga gali pasigirti VILNIUS TECH, Vilniaus ir Klaipėdos universitetai bei kelios privačios įmonės. Dauguma šių laboratorijų jau yra akredituotos arba rengiasi gauti Nacionalinio akreditacijos biuro akreditaciją.

LIETUVOS GRUNTŲ IR UOLIENŲ GEOTECHNINĖS SAVYBĖS

Kvartero amžiaus nuogulos dengia visą Lietuvos Respublikos teritoriją ir yra tiesiogiai naudojamos kaip pagrindas bei aplinka inžineriniams statiniams. Inžineriniu geologiniu požiūriu šios nuogulos, sudarančios pagrindą, aplinką arba medžiagą, į kurią remiasi arba kurioje įrengiami inžineriniai statiniai, vadinamos gruntais. Šių gruntų slūgsojimo gylis visoje Lietuvoje svyruoja nuo 5–10 m iki beveik 300 m. Šiaurės Lietuvos teritorijoje, kvartero danga ploniausia – vietomis siekia tik kelis metrus, o po ja slūgso uolienos: dolomitas, kreida, gipsas, mergelis. Statybos aktyvaus poveikio zonoje esantys gruntai geologiniu požiūriu skirstomi į stratigrafinius genetinius tipus, o inžineriniu geologiniu požiūriu – pagal įvairias inžinerines geologines klasifikacijas – į grupes, pogrupius, tipus ir rūšis.

Rupių (birių) smėlio gruntų savybės ir ypatumai

Rupūs (birūs) smėlio gruntai dengia apie 30 % visos šalies teritorijos. Stratigrafiniu genetiniu požiūriu jie skirstomi į dabartinio aliuvio (aIV), eolinus (vIV), jūrinius (mIV), senojo aliuvio (aIIIbl), limnoglacialinius (lgIIIbl), fliuvioglacialinius (fIIIbl) ir viršutinio bei vidurinio pleistoceno tarpmoreninius (agIII ir agII) gruntuos.

Dabartinio aliuvio (aIV) smėlio nuogulos paplitusios visų upių slėniuose ir sudaro salpinę bei pirmąją ir antrąją viršsalpinę terasas. Eoliniai smėliai (vIV) labiau paplitę pietryčių ir pietvakarių Lietuvoje bei Kuršių nerijoje. Jūriniai smėliai (mIV) siaura juosta išsidėstę Baltijos jūros pakrantėje. Senojo aliuvio (aIIIbl) smėliai paplitę stambių upių slėniuose, kuriuose jie sudaro trečiąją, ketvirtąją arba penktąją terasas. Limnoglacialiniai smėliai (lgIIIbl) daugiausia aptinkami pietinėje ir centrinėje Lietuvos dalyse. Fliuvioglacialiniai smėliai (fIIIbl) plačiai paplitę zandrų, fliuvioglacialinių terasų ir deltų pavidalu. Kraštinių darinių nuogulos (gtIIIbl), apimančios tiek vidinio ledo (keimai, ozai), tiek kraštinių gūbrių smėlius, pagal granulinę sudėtį yra įvairaus rupumo – nuo smulkių iki žvyringų. Tarpmoreniniai smėliai (agIII, agII) paviršiuje aptinkami stambių upių slėnių šlaituose bei terasų pagrinduose.

Rupių gruntų savybės labai priklauso nuo veiksnių, kurie geriausiai atspindi gruntų savybių kaitą ir jų formavimosi ypatumus:

- 1) granulinės sudėties parametrai bei grūdelių morfologija;
- 2) hipergenetiniai dariniai, susidarę postsedimentacinių procesų metu;
- 3) gruntų poringumas ir sandaros tankumas;
- 4) mechaninė elgsena veikiant apkrovai.

Granulinė sudėtis. Rupių gruntų grupėje galima išskirti tris būdingus granulinės sudėties tipus – nuoseklios sanklodos, vienodos sanklodos bei pakopinės sanklodos. Pirmasis tipas būdingas žvyringiems ir rupiems smėliams. Antrasis – vidutinio rupumo ir smulkiems smėliams. Pakopinės sanklodos smėliai, kai tarp vyraujančių frakcijų trūksta vienos arba kelių frakcijų arba jų kiekis žymiai sumažėjęs, aptinkami viršutinio Nemuno Baltijos posvitės fluvio-glacialinių terasų bei zandrų išoriniuose pakraščiuose. Pastarosios nuogulos pasižymi ypatingomis sedimentacinėmis sąlygomis, nes fluvio-glacialinių srautų ir ledyno krašto tirpsmo vandens srautų susidūrimo vietoje išplaunama dalis vyraujančių frakcijų (Dundulis, 1998).

Kitų dviejų tipų granulinė sudėtis būdinga daugeliui smėlių genetinių tipų. Žvyringų ir rupiųjų smėlių atmainos, kurių granulinė sudėtis priskirtina nuosekliosios sanklodos tipui, paplitusios dabartinio aliuvio (aIV), senojo aliuvio (aIIIbl), fluvio-glacialiniuose (fIIIbl) bei kraštinių darinių (gtIIIbl) genetinių tipų nuogulose. Vienodos sanklodos granulinės sudėties tipas ryškiausiai išreikštas visuose Lietuvos teritorijoje aptinkamuose genetinių tipų smulkiuose smėliuose. Jis taip pat būdingas ir vidutinio rupumo smėliams.

Smėlio grūdelių morfometrija. Svarbi veiksnių grupė, nulemianti gruntų fizinę būklę bei mechaninę elgseną yra smėlio grūdelių forma ir jo paviršiaus morfologija (Левков, 1968; Nowak, 1984). Grūdelių sferiškumas ir apvalumas smėlio deformacijos metu lemia grūdelių pasipriešinimą vertimui ir sukimui bei jų kontaktinį pasipriešinimą (Dundulis et al., 2000).

Mažiausiu sferiškumu ir didžiausia jo sklaida pasižymi vandens srautų suformuoti dabartinio aliuvio (aIV), senojo aliuvio (aIIIbl) bei fluvio-glacialinių nuogulų (fIIIbl) genetiniai tipai, sudarantys atskirą statistinę grupę. Didesnis grūdelių sferiškumas būdingas limnoglacialinėms (lgIIIbl) ir panašios kilmės vidurinio pleistoceno tarpmoreninėms nuoguloms (agIIžm-md). Didžiausias grūdelių sferiškumas nustatytas jūrinės kilmės smėliuose (mIV).

Statistiniai tyrimai išryškino tokias smėlio grūdelių morfometrinių parametrų formavimosi sekas:

1) vandens srautų suformuotos nuogulos, pasižyminčios mažiausiu sferiškumu; prieledyninių baseinų nuogulos, išsiskiriančios vidutiniu sferiškumu; ir vandens srautų nugludintos nuogulos, pasižyminčios dideliu sferiškumu;

2) jūriniai smėliai, pasižymintys didžiausiu sferiškumu, ir juos perpusčius – eoliniai smėliai, kurių grūdelių sferiškumas nežymiai mažesnis.

Hipergenetiniai dariniai. Po smėlio nuogulų sedimentacijos vykstantys procesai dažnai sudaro sąlygas formuotis įvairaus tipo apvalkalėliams arba plėvelėms ant smėlio grūdelių. Šie dariniai suteikia smėliams silpnos

cementacijos pobūdį (Левков, 1968; Дундулис, Микшис, 1973; Clough et al., 1981). Taip pat susidarę hipergenetiniai junginiai gali reikšmingai pakeisti smėlio grūdelių mechaninę elgseną – padidinti gruntų tankumą, pakeisti vidinės trinties kampą ir sukelti pradinį pasipriešinimą suspaudimui.

Palankiausia medžiaga, ant kurios susidaro minėti hipergenetiniai dariniai, yra kvarco grūdėliai, vyraujantys daugumoje smėlių. Daugelis tyrinėtojų (Левков, 1968; Микшис, 1971) išskiria tris pagrindines plėvelių rūšis – geležingas, karbonatines ir molio.

Molio plėvelės ir apvaskalėliai susidaro didesnio kietumo vandens sąlygomis, kai požeminio vandens pH yra santykinai aukštas. Neutrali arba silpnai šarminė aplinka palanki hidrožeručio, montmorilonito mineralų molio plėvelėms susidaryti. Geležingos plėvelės susidaro padidėjus geležies jonų koncentracijai ir esant silicio bei kalcio jonų deficitui požeminiame vandenyje. Karbonatinės plėvelės dažniausiai formuojasi geocheminių barjerų zonose, kai ryškiai pakinta išoriniai aplinkos veiksniai.

Smėlio gruntuose su molio plėvelėmis dažniausiai stebimi silpni, plastiški cementaciniai ryšiai, kurių tvirtumą lemia gamtinio drėgnio kiekis. Geležingos plėvelės, priklausomai nuo jų kristalizacijos laipsnio, gali būti išreikštos amorfiniu koloidiniu geležies hidroksidu, getito-hidrogetito bei hematito-hidrogetito kristalinėmis formomis. Tokiu atveju cementaciniai ryšiai pasižymi trapiu pobūdžiu, o jų kietumas ir tvirtumas tiesiogiai priklauso nuo darinių kristalizacijos laipsnio bei molio ir organinės medžiagos priemaišų kiekio.

Karbonatinės plėvelės, daugiausia išreikštos kalcito kristalinėmis formomis, lemia ypač tvirtus cementacinius ryšius tarp smėlio grūdelių.

Dažniausiai silpnai sucementuoti smėliai su geležingais ir karbonatiniais dariniais aptinkami senojo aliuvio (aIIIbl), fliuvioglacialinėse (fIIIbl) bei Medininkų-Grūdės (agII-III md-gr) ir Dainavos-Žemaitijos (agI-II md-dn) akvagliacialinėse nuogulose. Šio tipo nuogulos išplitusios priešlaitinėse upių terasų dalyse ir erozinių šlaitų priekraštinėse zonose, kur galėjo susidaryti palankios cheminių junginių formavimosi sąlygos. Dabartinio aliuvio (aIV) nuogulose vyrauja molio tipo plėvelės.

Smėlio gruntų lauko bandymai statinėmis apkrovomis (statinėmis plokštėmis) bei laboratoriniai spūdumo bandymai (oedometrais) parodė, kad hipergenetinės kilmės struktūrinių ryšių įtaka smėlių mechaninei elgsenai yra reikšminga. Visais bandymų atvejais nustatyta pradinė spūdumo riba (arba struktūrinis stipris) S_c . Esant palyginti vienodai S_c sklaidai, galima atsekti tam tikrą pradinės spūdumo ribos didėjimo seką, pereinant nuo dabartinio aliuvio (aIV) iki seniausių tarpmoreninių Dainavos-Žemaitijos nuogulų.

Poringumas ir sandaros tankumas. Grunto poringumo koeficiento vertės dėsningai didėja pereinant nuo stambiadiispersinių smėlio atmainų prie smulkiadiispersinių. Analizuojant duomenis stratigrafiniu genetiniu požiūriu nustatyta, kad stambiadiispersinėse atmainose poringumo koeficiento vertės yra gana pastovios ir kinta nuo 0,56 iki 0,60. Smulkiuose smėliuose pastebima tendencija: didžiausiu poringumu pasižymi dabartinio aliuvio smėliai, tarpinę padėtį užima senojo aliuvio, fluvioglacialinių ir kraštinių darinių smėliai, o tarpmoreninių smėlių poringumo koeficientas yra mažiausias. Šioje pagal amžių sudarytoje sekoje ryškiai mažesniu poringumu išsiskiria limnoglacialiniai smulkūs smėliai. Kita genetinė seka atsekama jūriniuose ir eoliniuose smėliuose: jūrinių smėlių poringumo koeficiento vidurkis sudaro 0,64, o eolinių smėlių – nežymiai didesnis, vidutiniškai lygus 0,7. Bendrosios poringumo koeficiento kaitos tendencijos atsekamos koreliuojant tiek granulinės sudėties, tiek grūdelių morfometrinius parametrus.

Kadangi poringumo koeficientas atspindi tik grunto porų kiekį, bet nenurodo natūralaus smėlio grunto skeleto tankumo padėties galimo maksimalaus ir minimalaus tankumo atžvilgiu, tiksliau realųjį grunto sąrangos tankumą gali atspindėti tankumo rodiklis I_d . Šis rodiklis geriau atspindi ir grunto formavimosi ypatumus, pavyzdžiui, esamą ar geologinėje praeityje buvusį slėgį. Tyrimai rodo gana ryškia šio rodiklio priklausomybę nuo nuogulų genetinio tipo ir geologinio amžiaus granulinės sudėties. Didžiausios tankumo rodiklio vertės būdingos tarpmoreniniams smulkiems smėliams, mažiausios – dabartinio aliuvio nuoguloms, o kiti genetiniai tipai užima tarpinę padėtį.

Mechaninės savybės – stiprumas ir spūdumas. Smėlių mechaninės savybės, lemiančios jų racionalų panaudojimą kaip pagrindo statiniams, priklauso nuo daugelio veiksnių, įskaitant jų sandarą, sudėtį bei fizinę būseną (Ломтадзе, 1970; Сергеев, 1971; Осипов, 1984). Šių veiksnių ir mechaninių savybių tarpusavio ryšiai dažniausiai yra sudėtingi, tačiau kryptingi.

Smėlio dispersiškumas, sanklodos pobūdis, grūdelių forma ir jų paviršiaus ypatumai, taip pat poringumas, sandaros tankumas ir geostatinių įtempių pobūdis labai komplikuoja tarpusavio sąsajų pobūdį. Minėtų veiksnių įtaka pasireiškia kartu: kai kuriais atvejais sustiprina bendrą sąveiką, kitais – vienas kitą paneigia, todėl pagal juos sunku prognozuoti galutinį rezultatą. Kita vertus, gruntų mechaninės savybės tiriamos ir nustatomos veikiant tam tikro dydžio apkrovoms, tad mechaninių savybių vertės ir gruntų mechaninės elgsenos pobūdis priklauso nuo gruntui suteiktos įtempių būklės bei grunto reakcijos į ją.

Stipruminėms savybėms įvertinti įprasta naudoti tiek laboratorinius tiesioginio kirpimo duomenis, tiek lauko tyrimų metodą – statinio

zondavimo bandymų metu nustatytą kūginį stiprį (q_c , MPa). Tiesioginio kirpimo atveju prie normalinio įtempio 100 kPa galima išskirti tris genetinių tipų grupes. Pirmąją, atskirą grupę, išsiskiriančia nedidele vidurkine τ_1 reikšme, sudaro tarpmoreninių horizontų nuogulos, kurias, pagal Stjudento t kriterijų, galima sujungti į vieną grupę, tačiau joje išryškėja du pogrupiai: 1) eolinių ir limnoglacialinių smėlių; 2) dabartinio ir senojo aliuvio bei fliuvioglacialinių ir kraštinių darinių smėlių. Prie didesnių normalinių įtempimų ($\tau_2 = 200$ kPa ir $\tau_3 = 300$ kPa) ryškiai atsiskiria tik viršutinio pleistoceno ir holoceno nuogulų grupė bei tarpmoreninių horizontų nuogulos. Be to, tangentinių įtempimų sklaida pagal standartinį nuokrypį mažėja didėjant normaliniam įtempiui iki 300 kPa. Pateiktą grupavimą ir verčių sklaidos ypatumus reikėtų aiškinti tuo, kad didėjant normaliniam įtempiui prigimtiniai gruntų sudėties, poringumo ir kiti faktoriai tampa mažiau reikšmingi, o vertikalaus įtempio įtaka kerpamajam stipriui turi didesnę įtaką.

Pagal kūginio stiprio q_c reikšmes galima išskirti tris statistines grupes: 1) eolinių smėlių (zondavimo gylis iki 5 m); 2) viršutinio pleistoceno ir holoceno nuogulų; 3) tarpmoreninių nuogulų. Tokią grupių seką, matyt, lemia gruntų sandaros tankumas I_d .

Gruntų spūdumą charakterizuojančio deformacijų modulio verčių, nustatytų statinių apkrovų bandymais, sklaidos įvertinimas rodo, kad smėlio genetinių tipų grupavimas visiškai atitinka grupavimą pagal statinių zondavimą. Taigi gruntų deformacines savybes lemia ne tiek jų genetiniai požymiai, kiek bandymo metu jiems suteikiamas įtempis.

Rupių (birių) smėlio gruntų geotechninių savybių formavimosi pagrindiniai bruožai

Rupių gruntų granulinė sudėtis lemia jų mažą poringumą, sąrangos tankumą ir padidėjusias mechanines savybes nusakančių rodiklių kiekybines vertes. Smulkiuose smėliuose, kurie yra išplitę visuose stratigrafiniuose genetiniuose smėlių tipuose, genetiniai požymiai ir smėlių geologinė raida leidžia apibendrinti kai kuriuos esminius jų formavimosi bruožus, lemiančius jų fizinę būklę ir iš dalies mechaninių savybių ypatumus.

Holoceno amžiaus eolinio genetinio tipo smulkūs smėliai (vIV) susiformavo iš dviejų skirtingų pradinės medžiagos genetinių tipų. Pirmuoju atveju jie buvo nugludinti iš Baltijos jūros priekrantinių nuogulų, pasižyminčių dideliu dalelių sferiškumu ($P = 0,84$), antruoju – iš fliuvioglacialinių zandrų, kurių dalelių sferiškumas buvo mažesnis ($P = 0,73$) ir kurie susiformavo dar viršutinio pleistoceno laikotarpiu. Perpustymo laikas kiekvienu atveju yra skirtingas, tačiau galutinis rezultatas grūdelių morfometrinių parametrų atžvilgiu yra beveik vienodas ($P = 0,81-0,82$).

Dviejų frakcijų – 0,5–0,25 mm ir 0,25–0,1 mm – vyraujanti granulinė sudėtis nulėmė jų vidutinį poringumą ($e = 0,665$), kuris yra šiek tiek didesnis už jūrinių smėlių, bet mažesnis nei fluvio-glacialinių smėlių. Aeracijos zonoje šio genetinio tipo smėliuose gana ryškiai išsiskiria dvi zonos pagal gylį. Iki 4–5 m gylio eoliniai smėliai yra puresnės sąrangos ($I_d = 0,39$) ir mažesnio stiprumo ($q_c = 3\text{--}4$ MPa), o didesniame gylyje jo stiprumas gerokai padidėja ($q_c = 7,5$ MPa). Kadangi sudėtyje žymesnių pokyčių nėra, kūginio stiprio padidėjimą daugiausia lemia geostatinio slėgio augimas – nuo 0,05 MPa 3 m gylyje iki 0,12 MPa 7 m gylyje.

Jūrinės kilmės smėliai (mIV) formavosi priekrantinėje zonoje, todėl jų išskirtinis grūdelių morfologinis bruožas – ypač didelis sferiškumas ($P = 0,84$). Šio genetinio tipo smėlio poringumas yra palyginti nedidelis ($e = 0,64$) dėl priekrantinės mūšos įvykusio sutankinimo – jų sąrangos tankumas siekia 0,52. Grūdelių sferiškumas lemia palyginti nedidelį šio tipo smėlių kerpamąjį stiprį, o spūdumas priklauso nuo sąrangos tankumo ir išlieka nedidelis.

Dabartinio aliuvio (aIV) nuogulos, slūgsančios pirmoje ir antroje dabartinių upių terasose, susiformavo dėl srauto, o medžiaga transportuota iš glacialinių ir akvaglacialinių kvartero nuogulų. Šios nuogulos pasižymi ryškiai mažesniu dalelių sferiškumu ($P = 0,74\text{--}0,75$). Nedidelio galingumo srautiniai procesai nesudaro sąlygų sedimentacijos metu nuosėdoms sutankėti, todėl šių nuogulų poringumas yra didelis ($e = 0,75$), o sandaros tankumas – mažas ($I_d = 0,27$). Nepaisant to, tiek kerpamasis stipris, tiek kūginis stipris ($q_c = 6,6$ MPa) yra nemažas, o deformacijos modulis E lygus 30 MPa. Vidutinės mechanines savybes šiuo atveju daugiausia lemia granulinė sudėtis, apimanti įvairias frakcijas, ir mažas grūdelių sferiškumas. Struktūrinis stiprumas dėl hipergenetinių darinių vidutiniškai sudaro 0,09 MPa, o struktūriniai ryšiai pasireiškia molio plėvelių pavidalu.

Senajo aliuvio (aIIIb) smėliai, suformuoti fiksuoto tirpstančio ledyno vandens srauto ir sudarantys 3–5 didžiųjų Lietuvos upių terasas, pasižymi mažu dalelių sferiškumu ($P = 0,73\text{--}0,74$) – mažesniu nei dabartinio aliuvio poringumas ($e = 0,7$) ir didesniu sąrangos tankumu ($I_d = 0,52$). Visa tai lemia, kad šio genetinio tipo smėliai pasižymi vidutiniu stiprumu ir vidutiniu spūdumu. Nuogulose aptinkamos silpnai sucementuotos smėlių atmainos, kurių cementą sudaro geležingi ir karbonatiniai hipergenetiniai dariniai. Jų vidutinis struktūrinis stipris S_c – 0,13 MPa.

Fliuvioglacialiniai (fIIIb) smėliai, suformuoti tiek klajojančių, tiek fiksuotų tirpstančio ledyno srautų, pasižymi didžiausiu dalelių vidurkiniu skersmeniu ($M_d = 0,17$ mm) ir mažiausiu dalelių sferiškumu. Pagal poringumą ir sąrangos tankumą jie priskiriami vidutinio tankumo ir poringumo gruntams ($e = 0,70$, $I_d = 0,57$). Dėl šių savybių jų vidutinis stiprumas pagal q_c sudaro 7,8 MPa, o deformacijos modulis E – 38 MPa. Šiuose smėliuose

stebimi geležingi, molingi ir karbonatiniai hipergenetiniai junginiai, kurių struktūrinis stipris sudaro apie 1,3 MPa.

Kraštinių darinių smulkūs smėliai (gtIIIbl) pagal fizinę būklę priskiriami vidutinio tankumo ir poringumo smėliams ($e = 0,70$, $I_d = 0,68$). Fizinių savybių požiūriu jie panašūs į fliuvioglacialinius ir senojo aliuvio genetinių tipų smėlius. Jų kūginis stipris q_c vidutiniškai sudaro 7 MPa, o deformacijų modulis $E = 46$ MPa. Nors šių smėlių grūdelių morfometriniai parametrai netirti, galima manyti, kad jie yra panašūs į fliuvioglacialinių smėlių parametrus arba šiek tiek žemesni.

Limnoglacialinio genetinio tipo smėliai (lgIIIbl) pasižymi palyginti mažu vidutiniu grūdelių skersmeniu ($M_d = 0,14$ mm) ir vidutiniu sferiškumu ($P = 0,76-0,77$). Jų poringumas yra gana mažas ($e = 0,62$), o sąrangos tankumas – pakankamai didelis ($I_d = 0,62$). Pagal mechanines savybes šie smėliai priskiriami vidutinio stiprumo ir spūdumo gruntams. Didesnis sąrangos tankumas ir nedidelis sferiškumas lemia, kad jų kūginis stipris ($q_c = 9,1$ MPa) ir deformacijų modulis ($E = 40$ MPa) yra didesni nei senojo aliuvio ir fliuvioglacialinių smėlių.

Ryškiai savo fizine būkle ir mechaninėmis savybėmis išsiskiria tarpmoreniniai smėliai. Remiantis pradinės medžiagos parametrais M_d ir P , šiuos smėlius galima išskirti į susiformavusius paleobaseinuose ir srautuose. Pirmiesiems priskiriami Dainavos-Žemaitijos ir Žemaitijos-Medininkų tarpmoreniniai smėliai, o antriesiems – Medininkų-Grūdų tarpmoreninės nuogulos. Tačiau pagal sąrangos tankumą ir esamą poringumą jie žymiai skiriasi nuo visų kitų genetinių tipų.

Visi tarpmoreniniai smėliai ryškiai atsiskiria nuo kitų smėlių ir savo mechaninių savybių parametrais. Kartu pastebimas, nors ir nežymus, savybių gerėjimas pereinant nuo jaunesnių prie senesnių tarpmoreninių nuogulų. Šiuos ryškius savybių skirtumus, palyginti su kitais smėliais, lemia postsedimentaciniai procesai. Svarbiausiu šio pobūdžio veiksmu buvo geostatinis slėgis, susidedantis iš viršuje slūgsančių nuogulų slėgio, o ledynų išplitimo periodais ir jų apslėgimas. Vilniaus miesto geologinio pjūvio pavyzdžiu, vien geostatinis slėgis nuo viršuje slūgsančių nuogulų į skirtingo amžiaus tarpmoreninius smėlius vidutiniškai sudaro: Dainavos-Žemaitijos tarpmoreninių smėlių kraige – 2,2 MPa, Žemaitijos-Medininkų smėlių kraige – 1,6 MPa ir Medininkų-Grūdų – 0,97 MPa. Taip, net neatsižvelgiant į ledynų slėgį pleistoceno metu, tarpmoreninių smėlių sutankėjimas geologiniame pjūvyje pasiekia maksimalų lygį.

Geologinėje praeityje mažiausias slėgis nuo viršuje slūgsančių gruntų ir ledyno slėgio turėtų siekti 2,36 MPa. Suprantama, kad šiuolaikiniuose eroziniuose įrėžiuose šiuolaikinis geostatinis slėgis yra žymiai mažesnis ir, priklausomai nuo tarpmoreninių smėlių padėties geologiniame pjūvyje, gali svyruoti nuo 0,38 MPa iki 1,1 MPa. Vis dėlto grįžtamosios

deformacijos smėliuose yra mažos ir neviršija 5 % (Дундулис, 1976), o tai leidžia teigti, kad tarpmoreniniai smėliai dėl liktinių deformacijų yra pasiekę maksimalų tankį.

Kita priežastis, dar padidinusi šių gruntų stiprumą ir pradinę jų spūdumo ribą (struktūrinį stiprį S_c), yra hipergenetiniai dariniai, susidarę dabartinių erozinių įrėžių priekrantinėse zonose. Kaip buvo aptarta anksčiau, tarpmoreninių smėlių struktūrinis stiprumas sudaro 0,13–0,2 MPa.

Apibendrinant smėlių formavimosi ypatumus, galima išskirti keletą smėlių geotechninių savybių formavimosi variantų:

1) Eolinių, jūrinių ir šiuolaikinio aliuvio genetinių tipų smėlių geotechnines savybes daugiausia lemia jų granulinė sudėtis, grūdelių morfologija, pradinis poringumas ir jų pačių nedidelis geostatinis slėgis.

2) Senojo aliuvio, fluvio-glacialinių, limnoglacialinių ir kraštinių darinių genetinių tipų smėlių geotechnines savybes lemia 1 punkte išvardyti veiksniai, papildomai svarbūs yra hipergenetiniai dariniai. Šiems gruntams galimi du galutinių pasekmių variantai:

1) hipergenetiniai dariniai sucementuoja smėlį, nepasiekus jo geostatinio slėgio tankumo ribos;

2) hipergenezės metu susidarę cementaciniai ryšiai papildomai nuo geostatinio slėgio sutankėjusias nuogulas;

3) pagrindinis veiksnys, nulėmęs tarpmoreninių smėlių didelį gruntų stiprumą ir mažą spūdumą, yra geostatinis slėgis nuo viršuje slūgsančių kitų nuogulų bei buvusio ledynų apslėgimo. Šis slėgis užtušuoja žymiai mažesnę 1 punkte išvardytų veiksnių įtaką. Papildomai geocheminių barjerų vietose susidarę hipergenetiniai dariniai atlieka cementacijos vaidmenį ir padidina struktūrinį stiprumą.

Apibendrintos Lietuvos rupių gruntų fizinės savybės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Rupių gruntų kietųjų dalelių tankio (ρ_s), gamtinio tankio (ρ), gamtinio drėgnio (W) ir poringumo koeficiento (e) statistinių rodiklių vertės (n – bandinių skaičius, X – aritmetinis vidurkis, σ – standartinis nuokrypis, V – variacijos koeficientas)

Grunto amžius ir genezė	Statistiniai rodikliai	Smėlio porūšiai															
		Žvyringas				Rupus				Vidutinio rupumo				Smulkus			
		ρ_s (Mg/m ³)	ρ (Mg/m ³)	W (%)	e (vnt. d.)	ρ_s (Mg/m ³)	ρ (Mg/m ³)	W (%)	e (vnt. d.)	ρ_s (Mg/m ³)	ρ (Mg/m ³)	W (%)	e (vnt. d.)	ρ_s (Mg/m ³)	ρ (Mg/m ³)	W (%)	e (vnt. d.)
vIV	n	–	–	–	–	–	–	–	–	59	59	59	59	79	79	79	79
	\bar{X}	–	–	–	–	–	–	–	–	2,65	1,68	–	0,67	2,66	1,67	4,8	0,67
	σ	–	–	–	–	–	–	–	–	0,01	0,07	1,7	0,07	0,01	0,05	1,1	0,06
	V	–	–	–	–	–	–	–	–	0,003	0,04	0,34	0,10	0,003	0,03	0,23	0,093
	V	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
mIV	n	14	14	14	14	–	–	–	–	21	21	21	21	39	39	39	39
	\bar{X}	2,67	2,03	22,3	0,57	–	–	–	–	2,66	2,02	24,8	0,64	2,67	2,02	23,1	0,64
	σ	0,015	0,04	2,7	0,08	–	–	–	–	0,01	0,01	3,5	0,06	0,02	0,05	2,8	0,05
	V	0,006	0,06	0,12	0,14	–	–	–	–	0,003	0,005	0,14	0,09	0,007	0,02	0,12	0,08
	V	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

1 lentelė (tęsinys).

Grunto amžius ir genezė	Statistiniai rodikliai	Smėlio porūšiai															
		Žvyringas				Rupus				Vidutinio rupumo				Smulkus			
		ρ_s (Mg/m ³)	ρ (Mg/m ³)	W (%)	e (vnt. d.)	ρ_s (Mg/m ³)	ρ (Mg/m ³)	W (%)	e (vnt. d.)	ρ_s (Mg/m ³)	ρ (Mg/m ³)	W (%)	e (vnt. d.)	ρ_s (Mg/m ³)	ρ (Mg/m ³)	W (%)	e (vnt. d.)
aIV	n \bar{X} σ V	25 2,67 0,015 0,006	25 1,84 0,08 0,04	25 5,0 0,05 0,20	25 0,59 0,05 0,08	45 2,67 0,014 0,005	45 1,73 0,06 0,03	45 4,9 1,5 0,30	45 0,60 0,03 0,05	35 2,66 0,021 0,008	35 1,66 0,05 0,03	35 5,2 2,3 0,44	35 0,68 0,03	138 2,65 0,010 0,004	138 1,59 0,05 0,03	138 7,9 2,9 0,37	138 0,75 0,07 -
aIIIbl	n \bar{X} σ V	60 2,67 0,016 0,005	60 1,84 0,04 0,02	60 3,6 1,4 0,39	60 0,57 0,06 0,10	100 2,68 0,015 0,005	100 1,75 0,03 0,02	100 6,1 1,5 0,24	100 0,60 0,04 0,07	33 2,67 0,013 0,005	33 1,67 0,02 0,01	33 5,2 2,1 0,40	33 0,66 0,07 -	381 2,66 0,012 0,004	381 1,65 0,05 0,03	381 6,5 2,0 0,31	381 0,70 0,05 0,07
lgIIIbl	n \bar{X} σ V	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	17 2,67 0,015 0,006	17 1,91 0,09 0,05	17 7,8 2,8 0,36	17 0,56 0,12	25 2,67 0,01 0,004	25 1,90 0,11 0,03	25 8,1 3,9 0,48	25 0,58 0,06 0,10
fgIIIbl	n \bar{X} σ V	59 2,67 0,018 0,007	59 1,90 0,06 0,03	59 3,9 1,4 0,36	59 0,56 0,04 0,07	170 2,68 0,017 0,006	170 1,82 0,03 0,02	170 5,2 2,3 0,44	170 0,58 0,03 0,05	33 2,66 0,012 0,009	33 1,66 0,03 0,02	33 5,9 1,5 0,25	33 0,66 0,05 0,08	407 2,66 0,010 0,004	407 1,66 0,05 0,03	407 5,8 2,8 0,48	407 0,70 0,03 0,04
gtIIIbl	n \bar{X} σ V	43 2,68 0,017 0,006	43 1,91 0,07 0,04	43 4,1 1,9 0,46	43 0,55 0,07 0,13	184 2,68 0,010 0,004	184 1,82 0,03 0,02	184 5,0 2,1 0,42	184 0,56 0,06 0,11	11 2,66 0,013 0,005	11 1,69 0,02 0,01	11 5,8 1,2 0,21	11 0,64 0,03 0,05	118 2,66 0,011 0,004	118 1,67 0,08 0,05	118 6,0 2,2 0,37	118 0,70 0,04 0,06
agII-III md-gr	n \bar{X} σ V	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	11 2,66 0,009 0,003	11 1,71 0,02 0,01	11 5,8 0,7 0,12	11 0,61 0,08 0,03	80 2,66 0,008 0,003	80 1,69 0,06 0,03	80 6,1 2,5 0,41	80 0,62 0,05 0,08
agI- lžm-md	n \bar{X} σ V	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	57 2,66 0,009 0,003	57 1,70 0,05 0,03	57 5,8 2,6 0,45	57 0,61 0,04 0,07
agII- dn-žm	n \bar{X} σ V	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	50 2,65 0,005 0,002	50 1,70 0,04 0,02	50 6,0 1,8 0,30	50 0,60 0,02 0,03

Smulkių (rišlių) molio ir dulčio gruntų savybės ir ypatumai

Smulkūs (rišlūs) molio ir dulčio gruntai Lietuvoje labiausiai paplitę ir dažniausiai naudojami kaip natūralus pagrindas pamatams – tai moreninės, limnoglacialinės ir aliuvio kilmės nuogulos, dengiančios apie 60 % Lietuvos teritorijos. Jų geotechninių savybių pažinimas grindžiamas genetiniais ypatumais ir granuline sudėtimi, atsižvelgiant į medžiagos transportavimo ištakas geologinėje praeityje, pernešimo kelius bei post-sedimentacinius pokyčius.

Geologiniu litologiniu požiūriu, pradedant nuo jauniausių nuogulų, išskiriami šie regioniniai inžineriniai geologiniai sluoksniai: dabartinio

aliuvio (aIV) ir viršutinio pleistoceno (aIIIbl) moliai, dulkingi smėlingi moliai ir dulkingi moliai. Viršutinio pleistoceno limnoglacialiniai (lgIIIbl) moliai yra riebus, masyvūs ir dulkingi, taip pat išskiriami juostuoti bei dulkingi vidutiniai ir lengvi moliai, dulkingi moliai ir dulkiakiai. Pastaruosiuose dulquio dalelės sudaro 60–88 % grunto masės, jiems būdinga kietai plastinga konsistencija.

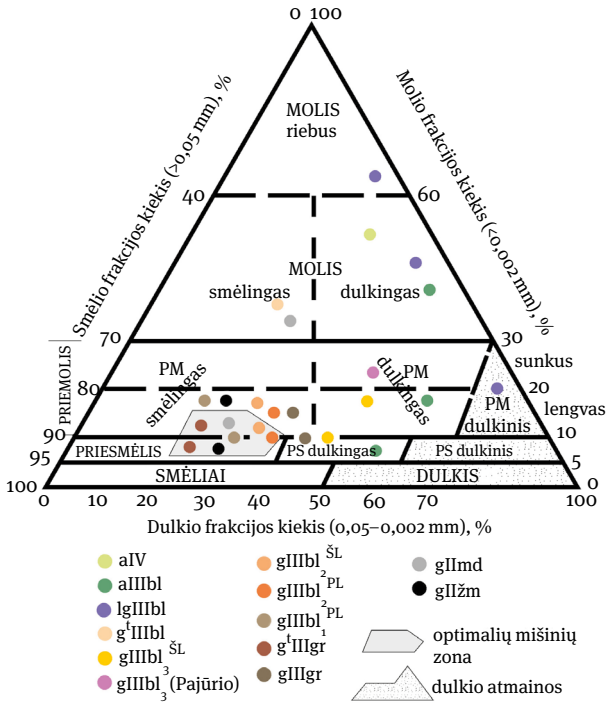
Moreninės nuogulos – tai dažniausiai dulkingi smėlingi moliai ir smėlingi moliai, rečiau – moliai. Geologiškai tai Baltijos posvitės morenos: Šiaurės Lietuvos (gIIIbl₃^{SL}), Vidurio Lietuvos (gIIIbl₂^{VL}), Pietų Lietuvos (gIIIbl₁^{PL}), Baltijos posvitės maksimalaus išplitimo zonoje (gtIIIbl), taip pat Grūdų morena (gIIgr), kurios skiriasi savo išplitimo arealais. Medininkų (gIImd) ir Žemaitijos (gIIžm) morenose aptinkami pertankinti vidutiniai smėlingi, itin smulkiagrūdžiai dulkingi smėlingi ir dulkingi moliai. Jiems būdinga puskietai ir kieta konsistencija bei didelis skeleto tankis. Medininkų pjūvyje vyrauja moreniniai moliai, dažniausiai smėlingi, pasižymintys puskietai konsistencija. Molių litologiniam tipui apskritai būdingas labai aukštas skeleto tankumo laipsnis.

Granulinė sudėtis

Smulkių gruntų granulinė sudėtis pavaizduota 12 paveiksle. Žinant granulinę sudėtį, galima vertinti grunto savybes „optimalių mišinių“ ir dulquio atmainų atžvilgiu. „Optimalus mišinys“ inžineriniu geologiniu požiūriu – tai tokia grunto granulinė sudėtis, kurioje yra apie 60 % smėlio, apie 30 % dulquio ir apie 10 % molio frakcijos. Toks grunto sudėtis „optimalus mišinys“ pasižymi didžiausiu tankiu bei geriausiomis stiprumo ir spūdumo savybėmis.

Kaip „optimalūs mišiniai“ gali būti laikomi Vidurio Lietuvos, Grūdų (jos maksimalaus išplitimo arealo) ir viduriniojo pleistoceno moreniniai dulkingi smėlingi moliniai gruntai. Jų glaudumo rodiklis K_d , esant puskietai konsistencijai – 0,7–0,8, o esant kietai – 1,0–1,2. Glaudumo rodiklis atspindi sąsajas tarp granulinės sudėties, tankio, drėgnio ir takumo bei plastiškumo rodiklių ($K_d = f(\text{gran.}; W; W_p; W_L \text{ ir } \rho)$).

I „optimalių mišinių“ zoną patenkančių Grūdų iš maksimalaus jos išplitimo arealo itin smulkiagrūdžių dulkingų smėlingų molių glaudis yra mažesnis (0,6–0,65). Iš moreninės kilmės nuogulų labiausiai nuo „optimalių mišinių“ pagal sudėtį nutolę jauniausi – Šiaurės Lietuvos dulkingi ir smėlingi moliai (esant puskietai būklei $K_d = 0,55–0,65$), Pajūrio komplekso dulkingi moliai bei Grūdų, perdengtos jaunesnės morena, dulkingi smėlingi moliai ir dulkingi moliai. Tačiau, veikiant pastaruosius jaunesnės morenos (ir vėlesnių ledynų) geostatiniam slėgiui, jų glaudumo rodiklis didesnis – esant puskietai būklei – 0,7–0,75. Dar labiau nuo



12 pav. Smulkių gruntų geologinių-litologinių tipų išsidėstymas pagal granulinę sudėtį (remiantis V. Ochotino 1934 m. schema; geologinių indeksų paaikškinimai pateikti tekste).

„optimalių mišinių“ granulinės sudėties nutolę moreniniai moliai. Vis dėlto, Medininkų moreniniai smėlingi moliai dėl ilgalaikio geostatinio slėgio pasižymi dideliu glaudumu – esant puskietai būklei $K_d = 0,96$.

Pagal sudėtį išskirtiniai yra limnoglacialiniai dulkiniai moliai (dulkių dalelių vidurkis – 75 %) ir riebus moliai (pelitinių dalelių vidurkis – 66 %, vyraujanti frakcija $<0,001$ mm sudaro 50 %), taip pat dabartinio aliuvio moliai, kuriuose dažnai pasitaiko neįžymių organinių liekanų priemaišų.

Mineralinėje pelitinių frakcijų sudėtyje, kuri, pagal šiuolaikinės grunto tyros požiūrį, iš esmės lemia rišlių gruntų savybes, Lietuvoje vyrauja hidrožeručiai ir didesnė inertiško kaolinito priemaiša (5–30 %). Pagal A. Skemptono koloidinio aktyvumo rodiklį (A_k), žemiausiu hidrofiliškumu pasižymi abiacinio pobūdžio dulkingi moliai bei Šiaurės Lietuvos sluoksnių morena (0,51–0,55), o didesniu – senesnė morena (0,65).

Tarp molų mažiausios A_k reikšmės būdingos riebiems limnoglacialiniams moliams (0,35), kuriuose ir mikroskopu matyti vyraujančios stipriai agreguotos hidrožeručių dalelės. Tarp moreninių molų pagal A_k daug inertiškesni viduriniojo pleistoceno sluoksniai, palyginti su analogiškos granulinės sudėties viršutinio pleistoceno kraštiniais dariniais (A_k atitinkamai 0,52 ir 0,65).

Mechaninės savybės. Spūdumas ir stiprumas

Keičiantis gruntų granuliometrijai ir fizinei būklei, molių spūdumą geriausiai atspindi drėgnis, o dulkingų ir dulkingų smėlingų molių – glaudumo rodiklis. Labiausiai spūdūs yra limnoglacialiniai riebus moliai. Kai šis gruntas yra puskietais, t. y. sumažėjus jų gamtiniam drėgniui 35 %, spūdumas sumažėja daugiau nei 3 kartus, o pradinė spūdumo riba padidėja 45 %. Juostuotų aliuvinių ir limnoglacialinių dulkingų molių spūdumas esant tokiai pat fizinei būklei yra analogiškas, o tokios pat nomenklatūros dabartinių aliuvinių molių spūdumas – didesnis. Mažiausiai spūdūs yra moreniniai smėlingi moliai, o tarp jų žymiai didesnis atsparumas sulyginamos konsistencijos intervale būdingas Medininkų svitos moliams.

Vertinant molinių nuogulų skirtingų litologinių tipų atsparumą mechaninių jėgų poveikiui (stiprumą), ryškesnis bendrumas pastebimas tarp molių – nuo dulkingų smėlingų ir smėlingų molių, analogiškai kaip ir skirtumai granulinėje sudėtyje.

Tarp dulkingų smėlingų ir smėlingų molių labiausiai spūdūs yra aliuviniai bei limnoglacialiniai dulkingi gruntai. Šios kilmės atmainoms – dulkiams – būdingos specifinės savybės. Pereinant šiems dariniams į puskietai konsistenciją ir spūdumui sumažėjus 40 %, ryškiausiai kinta glaudis – 34 %, o drėgnis ir poringumo koeficientas mažėja tik 21–23 %. Moreniniai dulkingi smėlingi ir smėlingi moliai susispaudžia mažai ir ryškiau grupuojasi, priklausomai nuo amžiaus, perdengimo jaunesnėmis nuogulomis bei dulkingumo.

Jauniausi – Šiaurės Lietuvos morenos dulkingi moliai pagal spūdumą panašūs į analogiškos sudėties limnoglacialinius gruntus. Itin mažai suspaudžiami yra pertankintieji vidurinio pleistoceno dulkingi smėlingi ir smėlingi moliai, taip pat morenos sluoksniai, perdengti jaunesnėmis nuogulomis, ypač Grūdosi itin smulkiagrūdė morena. Pažymėtina, kad tarp moreninių dulkingų smėlingų ir smėlingų molių, pasižyminčių stipriais liekamaisiais struktūros ryšiais ($\sigma_c = 0,08$ MPa ir daugiau), spūdumo rodiklių priklausomybė nuo poringumo koeficiento bei gamtinio drėgnio nėra aiški ir labiau kontroliuojama pereinant iš vienos konsistencijos kategorijos į kitą per glaudumo rodiklį. Pavyzdžiui, tarp perdengtų jaunesniais dariniais Grūdosi morenos puskiečių ir kietos konsistencijos dulkingų smėlingų molių spūdumo rodiklis skiriasi 80–90 %, o drėgnis – vos 15 %, poringumo koeficiento reikšmės – praktiškai lygios, takumo rodiklio vidurkio reikšmės skiriasi 12 %, o glaudis – 32 %.

Smulkių gruntų mechanines savybes lemia jų sudėtis, molingumas, tankumo ir drėgnumo laipsnis. Vertinant visą Lietuvos teritoriją, rodiklių tarpusavio koreliaciniai ryšiai yra silpni arba labai silpni (Шимкус ir kt., 1979) – koreliacijos koeficientai pagal takumo rodiklį, drėgnį ir poringumo

koeficientą atitinkamai sudaro 0,38, 0,37 ir 0,31. O sąryšis tarp fizikinių rodiklių ir spūdumo geologiškai apribotose srityse yra daug glaudesnis. Pagal V. Marcinkevičių (Марцинкявичюс, 1990), koreliacijos koeficientai Vidurio Lietuvos moreniniams dulkingiems ir smėlingiems moliams pagal poringumo koeficientą siekia apie 0,70, o stipriai pagal glaudį Pietų Lietuvoje – net 0,86 ir daugiau (Mikšys, 1980).

Smulkių (rišlių) molio ir dulquio gruntų geotechninių savybių formavimosi bruožai

Kvartero periodo smulkių gruntų sudėties ir fizikinių bei mechaninių savybių diferenciacija daugiausia grindžiama litologiniais sudėties ypatumais bei sluoksnių geologiniu formavimusi – per išskiriamų gruntų grupavimą pagal genezę, geologinį amžių ir regioninį geologinių arealų išsidėstymą.

Morenų susidarymą lemia apledėjimo centrų išsidėstymas ir migracija, įvairaus amžiaus ledyninių skydų slinkimo kryptys, skirtingų poledyninio substrato uolienuų egzavavimo vietos bei skirtingų medžiagų patekimas į ledyną. Be to, moreninės dangos susidarymui įtakos turi facijos – dugninė, pagrindinė ar abliacinė, ledyno pakraščio ir kt. Prieledyninių baseinų nuoguloms svarbūs baseinų plotai ir gyliai bei jų regioninis išsidėstymas.

Pirminės moreninės medžiagos dehidratacija ir sutankėjimas vyko skirtingu laipsniu, priklausomai nuo molingumo ir buvusių kriogeninių tekstūrų, atšylant nuoguloms ir ypač degraduojant daugiamečiam įšalui, kai medžiagos drėgmė migruoja nulinės izotermos link (Игнатавичюс, Марцинкявичюс, 1970).

Kitas moreninių nuogulų geotechninių parametrų ypatumas – skirtingo lygio rodikliai, nustatomi įvairaus amžiaus morenomis net ir esant tokiai pačiai grunto fizinei būklei. Šį dėsningumą iliustruoja fizikinių ir mechaninių savybių skirtumai analogiškos sudėties gruntui, pavyzdžiui, Grūdoso morenai, kai ji perdengta jaunesniais moreniniais sluoksniais arba lyginama su senesniais Medininkų ar Žemaitijos horizontais. Tokie skirtumai gali būti aiškinami ilgalaikių ir didelio laipsnio apkrovų (vėlesniųjų apledėjimų ledyno dangos bei jaunesniųjų moreninių horizontų) poveikiu.

Eksperimentiškai didelių apkrovų įtaka litifikacijos eigai įrodyta V. Lomtadzės darbuose (Ломтадзе, 1955; 1984) ir patvirtinama Lietuvos įvairiaamžių moreninių nuogulų mikrostruktūros tyrimais (Гайгалас ir kt., 1986) bei itin aukštais kelių dešimčių metrų gilyje slūgsančių, pvz., Pagirių anhidrito telkinio plote, senesniųjų moreninių horizontų geomechaniniais parametrais (Marcinkevičius, Mikšys, 2002). Tai sudaro prielaidas dideliems liekamiesiems įtempiams tokiuose gruntuose, o dabartinių upių slėnių įrėžiuose – galimai regresinei litifikacijai.

Nemoreniniam molio gruntams būdinga skirtinga postsedimentacinė litifikavimosi eiga masyviems riebiems moliams, juostuotiems dulkingiems moliams ir taip pat neryškiai juostuotiems dulkingiems moliams, turintiems nors ir nežymią organinių medžiagų priemaišą. Be to, atsekamas ryškesnis kompresijos šuolis dulkingiems smėlingiems moliams bei dulkiui, pereinant iš vienos fizinės būklės į kitą. Pastaruoju atveju, manoma, geotechniniams rodikliams didesnę įtaką daro karbonatai dulquio frakcijose. Skirtinga elgsena, veikiant apkrovai, būdinga smėlingiems ir dulkingiems moreniniam moliams, identiškiems ar artimiems pagal granulinę sudėtį „optimaliems mišiniams“, taip pat toms morenos atmainoms – dulkingoms, t. y. labiau nutolusioms nuo „optimalių mišinių“ arba turinčioms nors ir nežymią humuso priemaišą. Išskirtinę padėtį užima Medininkų, Žemaitijos bei ankstyvesnės morenos. Smulkių gruntų apibendrintos fizinių ir mechaninių savybių vertės pateiktos 2–4 lentelėse.

2 lentelė. Smulkių gruntų fizinių savybių apibendrintos rodiklių vertės (skaitiklyje – vidurkinė vertė, vardiklyje – vid. kv. nuokrypis)

Rodikliai	Pelitinų dalelių kiekis (%)	Dulquio dalelių kiekis (%)	Smėlio dalelių kiekis (%)	Dalelių tankis ρ_s (Mg/m ³)	Grunto tankis ρ (Mg/m ³)	Gamtinis drėgnis W (%)	Plastingumo rodiklis I_p (%)	Takumo rodiklis I_L (vnt. d.)
Dulkingi moliai								
aIV	52	37	11	$\frac{2,73}{0,02}$	$\frac{1,87}{0,05}$	$\frac{32}{2,8}$	$\frac{21}{3,6}$	0,56
aIII	42	52	6	$\frac{2,75}{0,02}$	$\frac{1,94}{0,05}$	$\frac{30}{4,0}$	$\frac{21}{3,0}$	0,53
lgIII	49	47	–	$\frac{2,77}{0,02}$	$\frac{1,98}{0,11}$	$\frac{29}{8,1}$	$\frac{21}{5,0}$	0,32
lgIII	48	47	5	$\frac{2,74}{0,04}$	$\frac{1,96}{0,08}$	$\frac{30}{6,9}$	22	0,30
Dulkiai, dulkingi moliai								
aIV	–	–	–	$\frac{2,71}{0,02}$	$\frac{1,92}{0,05}$	$\frac{24}{3,7}$	$\frac{10}{3,4}$	0,72
aIII	17	58	25	$\frac{2,72}{0,02}$	$\frac{1,99}{0,05}$	$\frac{21}{2,3}$	$\frac{12}{1,9}$	0,60
lgIII (dulkiai)	23	70	7	$\frac{2,75}{0,02}$	$\frac{2,27}{0,10}$	$\frac{22}{5,1}$	$\frac{13}{4,7}$	0,62
Moreniniai dulkingi smėlingi moliai								
gIIIb ₃	$\frac{16}{5,1}$	41	38	$\frac{2,72}{0,02}$	$\frac{2,25}{0,05}$	$\frac{13}{2,3}$	$\frac{8,4}{1,7}$	0,25
gIIIb ₃ (pajūrio)	26	47	26	$\frac{2,71}{0,01}$	$\frac{2,17}{0,04}$	$\frac{14}{2,0}$	$\frac{16}{0,5}$	0,19
gIIIb ₂ ^N	$\frac{14}{3,9}$	31	48	$\frac{2,71}{0,02}$	$\frac{2,29}{0,05}$	$\frac{9,8}{1,7}$	$\frac{8,3}{1,3}$	–0,02
gIIIb ₂ (abliac.)	26	33	33	2,73	2,12	16	10	0,25
gIIIb ₁	$\frac{15}{4,7}$	$\frac{27}{6,6}$	$\frac{54}{8,7}$	$\frac{2,70}{0,01}$	$\frac{2,14}{0,09}$	$\frac{14}{3,3}$	$\frac{8,9}{2,0}$	0,35
gIIIb ₁ (puskiečiai)	20	25	48	2,71	$\frac{2,23}{0,05}$	13	10	0,15

6 skyrius

3 lentelė. Smulkių gruntų (molių) sudėties ir fizikinių-mechaninių savybių rodiklių apibendrintos reikšmės (konsistencija – kietai plastinga)

Sluoksnių genezė ir amžius	Molių potipiai	Pelitinių dalelių kiekis M_c (%)	Plastingumo tarpsnis I_p (%)	Gamtinis drėgnis W (%)	Poringumo koeficientas e (vnt. d.)	Glaudis K_d (vnt.d.)	Rištumo slėgis P_e (MPa)	Pradinė spūdumo riba s'_c (MPa)	Spūdumo koeficientas M_c , kai 0–0,5 MPa (1/MPa)
aIV	Dulkingi, su organikos priemaiša, juostuoti	52	21	30	0,9	0,51	0,09	0,03	0,195
aIIIbl lgIIIbl	Dulkingi, juostuoti	42–48	20–21	29	0,80–0,82	0,50–0,65	0,08–0,17	0,04–0,06	0,124–0,155
lgIIIbl	Riebūs, masyvūs	66	24	34	1	0,57	–	0,11	0,201

4 lentelė. Smulkių gruntų (dulkių, dulkingų molių ir dulkingų smėlingų molių) sudėties ir fizikinių-mechaninių savybių rodiklių apibendrintos reikšmės (lyginamajai konsistencijai)*. Skaitiklyje – dulkingi moliai, vardiklyje – dulkingi smėlingi moliai

Sluoksnių genezė ir amžius	Gruntų potipiai	Pelitinių dalelių kiekis M_c (%)	Plastingumo tarpsnis I_p (%)	Gamtinis drėgnis W (%)	Poringumo koeficientas e (vnt. d.)	Glaudis K_d (vnt. d.)	Rištumo slėgis P_e (MPa)	Pradinė spūdumo riba s'_c (MPa)	Spūdumo koeficientas M_c , kai 0–0,5 MPa (1/MPa)
Konsistencija – kietai plastinga									
aIIIbl ir lgIIIbl	Dulkiai, dulkingi moliai	19	12,3	22,6	0,64	0,64	–	0,08	0,083
aIIIbl ir lgIIIbl	Dulkingi moliai ir dulkingi smėlingi moliai	17* 9	11,5 5,7	20 15,8	0,66 0,54	0,26 0,13	0,06 0,05	0,03– 0,04	0,102– 0,114
gtIIIbl ir gIIIb ₃ ŠL	Dulkingi moliai ir dulkingi smėlingi moliai	17 10	8,4 5,6	— 12,3	— 0,35	0,58 0,54	–	0,06	0,074– 0,082
gtIIIbl (pajūrio)	Dulkingi moliai	27	16	14	0,43	0,68	0,025	–	–
gIIIbl ₂ (abliac.)	Dulkingi moliai	26	10	16	0,46	0,7	–	0,04	0,045
Konsistencija – puskiatė									
gIIIbl ₃ (pajūrio)	Dulkingi moliai	26	15	16	0,45	0,69	0,045		
gIIIbl ₂ VL	Dulkingi moliai	16	9	10,7	0,31	0,86		0,06	0,07
gIIIbl ₂ VL	Dulkingi smėlingi moliai	9	5,6	–	0,34	0,72	0,09	0,06	0,058
gIIIbl ₁ PL, gtIIIgr	Dulkingi smėlingi moliai ir dulkingi moliai	15 9	9,4 5,7	12,2 13,3	0,38 0,42	0,68	0,08 0,07	0,05– 0,08	0,071– 0,075
gIIIgr	Dulkingi moliai	15	8,3	10,3	0,32	0,73			
gIIIgr	Dulkingi smėlingi moliai	9	5,7		0,32	0,68			

Ikikvarterinių sluoksnių uolienu geomechaninės savybės

Uolienu, sudarančių ikikvartero nuosėdines sluoksnines storymes, geomechaninės savybės yra gelmių esminė inžinerinių geologinių sąlygų dalis. Eksperimentiniais metodais nustatius uolienu geomechaninių savybių rodiklių vertes, galima kiekybiškai apibūdinti uolienu rodiklius, reikalingus požeminei kasybai, požeminių tuštumų įrengimui bei karstinio proceso pažeistų storymių pastovumo ir patvarumo skaičiavimams.

Uolienu fizikinės ir mechaninės savybės apibūdinamos panašiai kaip įprasta geoteknikoje, tačiau jų fizinės būklės ir spūdumo rodiklių nusakymas yra sudėtingesnis nei dispersinių gruntų (rupių ir smulkių). Uolienu masyvų deformacijos yra daugiafaktorinės ir negali būti aprašomos klasiškiais dispersinių fizikinių kūnų modeliais. Esminis bruožas, apibrėžiantis uolienu terpės deformacijas, yra uolienu masyvų diskretumas – masyvų vientisumo pažeidimai. Aiškinant uolienu ir uolienu masyvų fizikinių savybių prigimtį bei jų formavimosi dėsningumus, remiamasi nuostata, kad uolienu tankumas, poringumas ir diskretumas yra jų genezės, diagenetinių procesų ir katagenetinių pokyčių rezultatas (Ломтадзе, 1984).

Kiekvienai petrografinei uolienos atmainai, turinčiai genetiškai apibrėžtą mineralinę sudėtį, sandarą, struktūros ir tekstūros elementus bei kitas litologines ypatybes, būdingas tam tikras fizikinių savybių rodiklių skaitinių verčių diapazonas. Diagenezės procese susiformavusių uolienu fizinės būklės ir savybių kitimas iš esmės gali būti aiškinamas tik katagenezės vaidmeniu teritorijos geologinės tektoninės raidos etapuose.

Gamtinis nuosėdų sutankėjimas dėl konsolidacijos, struktūrinių sąsajų ir kitų litifikacijos elementų stiprėjimas, kontaktinio ar bazinio cementavimo struktūros sąlyčio taškuose apraiškos, porų vandens išslėgimas ir kiti uolienu terpėje vykstantys procesai apibrėžia katagenezės lemiamą fizinės būklės ir mechaninių savybių formavimosi mechanizmą.

Uolienu geomechaninių savybių vertinimuose, kurie atliekami siekiant išsiaiškinti jų formavimosi mechanizmą, svarbu atsižvelgti į fizikinių ir mechaninių savybių įvertinimo skirtumus. Uolienu fizinę būklę apibūdinančios fizikinės savybės yra tankumas, poringumas, drėgnumas, kompaktiškumas. Fizikinės savybės atspindi uolienos petrografinę sudėtį, litifikacijos lygmenį ir yra konsolidacinių kristalizacinių katagenezės procesų veikimo išraiška.

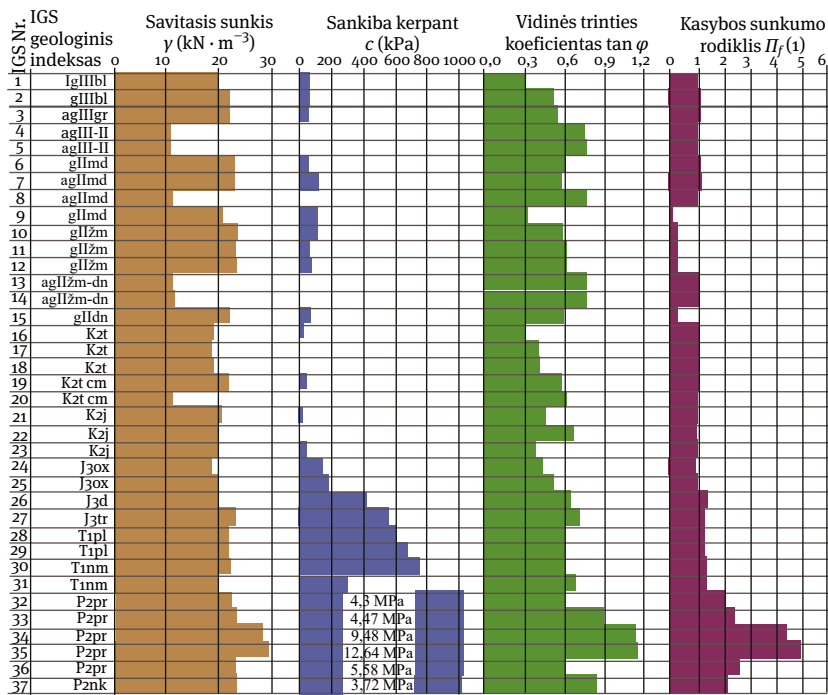
Vienodais geologiniais požymiais apibūdinamos uolienos fizikinės savybės tam tikrame inžineriniame elemente yra statistiškai vienodos ir izotropinės, todėl uolienos sluoksnio diskretiškumas praktiškai nėra svarbus. Monolitiniam gabalui būdinga tam tikra fizikinė savybė, o jos rodiklio skaitinė vertė reprezentuoja viso uolienos sluoksnio tos savybės

rodiklių. Uolienos masyvo fizinę būklę apibūdina ribotos imties atskirų tos uolienos gabalų (kerno atraižų ir pan.) fizikinių savybių statistika – vidurkinės vertės ir standartiniai nuokrypiai.

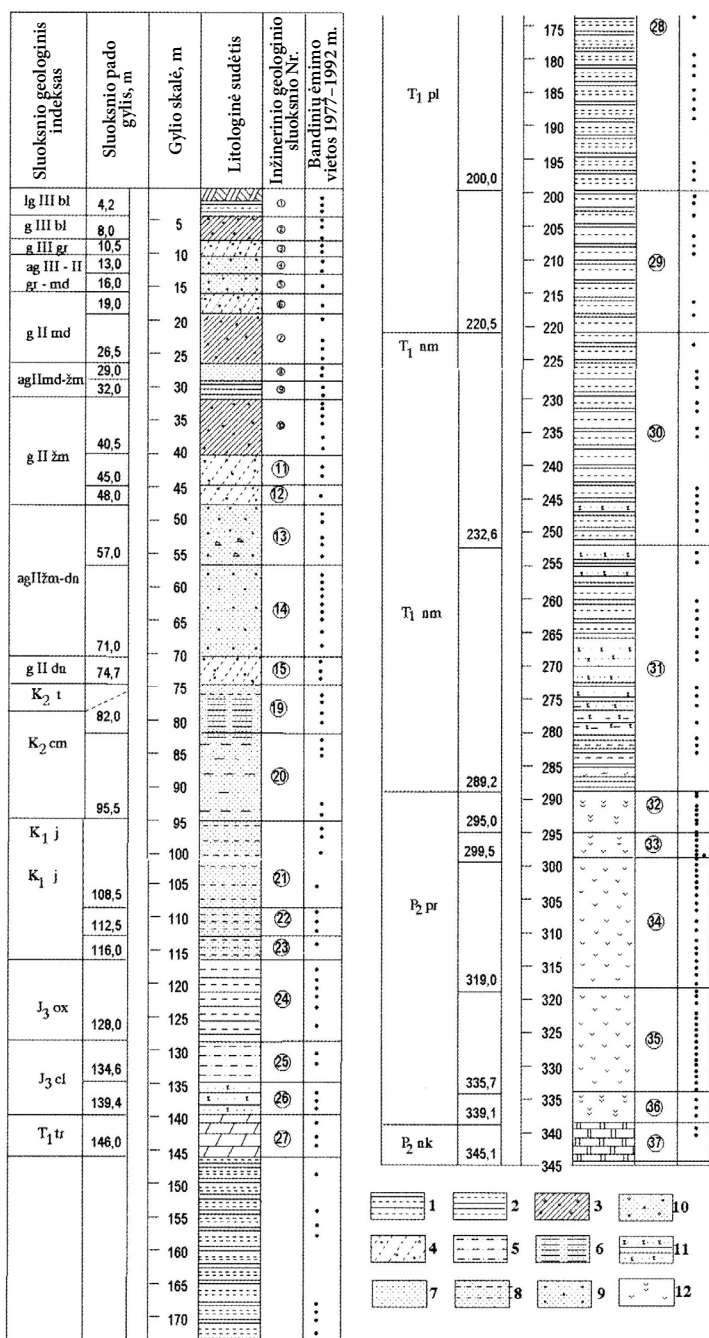
Fizikinių savybių formavimosi mechanizmas iš esmės yra tapatus tiek paskiram uolienos gabalui, tiek visam uolienos sluoksniui ir atitinka jų fizinę būklę. Todėl fizikinėms savybėms nusakyti taikomi bandymų, tyrimų ir matavimų būdai bei metodikos, taip pat duomenų apdorojimo metodai skiriasi tik patikimumu ir tikslumu.

Parengtais metodais ir metodikomis galima objektyviai išmatuoti susiformavusius uolienų komponentių tūrio ar masės santykius. Tai sudaro prielaidą tam tikru patikimumu nusakyti uolienos komponentinės sudėties būklę. Nors fizikines savybes nusakančių rodiklių skaitinės vertės skirtinguose uolienų masyvo taškuose nėra vienodo didumo, jos, išmatuotos ištyrus paskirus gabalus ar gręžinių kerno atraižas, sudaro reprezentacines imtis, kurios statistškai apibūdina visą masyvą (Mikšys, 2004).

Uolienų fizikinių savybių – sunkumo ir poringumo – formavimosi tendencija, siejama su uolienų sudėties transformacija ir struktūros kaitagenetiniais pokyčiais, išryškėja analizuojant savybių rodiklių verčių kitimą ir variaciją Pagirių anhidrito telkinio vertikaliame geologiniame pjūvyje (13 ir 14 pav.). Duomenys, reikalingi karbonatinių, terigeninių ir



13 pav. Uolienų geomechaninių parametrų pasiskirstymas Pagirių anhidrito telkinio vertikaliame pjūvyje (Mikšys, 2004).



14 pav. Pagirių anhidrito telkinio jungtinis inžinerinis geologinis pjūvis.

Litologiniai ženklai: 1 – juostuotas molis, 2 – litifikuotas molis, 3 – moreninis dulkingas molis, 4 – moreninis dulkingas smėlingas molis ir smėlingas molis, 5 – dulkingas molis, 6 – molingas dulkis, 7 – labai smulkus cementuotas smėlis, 9 – vidutinio rupumo smėlis, 10 – rupus smėlis, 11 – molingas smiltainis, 12 – gipsoanhidritas (Mikšys, 2004).

6 skyrius

5 lentelė. Ikikvartero karbonatinių ir terigeninių storiųjų inžinerinių geologinių sluoksnių geomechaniniai rodikliai (nepalankiausiųjų pasikliautinio intervalo ribų įvertinimas, pasikliautinasis lygmuo – 0,85) (Mikšys, 2004)

Inžinerinio geologinio sluoksnio (IGS) numeris	Inžinerinio geologinio sluoksnio indeksas	Inžinerinio geologinio sluoksnio litologinė sudėtis	Savitasis sunkis γ (kN/m ³)	Poringumo koeficientas e (t)	Sankiba kerpant c (kPa)	Vidinės trinties koeficientas $\tan\varphi$ (t)	Sankiba TX gniuždant t kerpan c_{TX} (kPa)	Vidinės TX trinties koeficientas $\tan\varphi_{TX}$ (t)	Stiprumas gniuždant σ_c (MPa)	Stiprumas tempiant σ_T (MPa)	Tvirtumo koeficientas f_R (t)	Kasybos sunkumo rodiklis I_f (t)	Oedometrinis deformacijų modulis E_{oed} (MPa)	Puasono skaičius ν (t)
Karbonatinė storiųjų														
16	K _{2t}	Kreidos mergelis	18,82	0,90	21	0,310	19	0,325	0,96	0,22	0,60	1,01	58	0,28
17	K _{2t}	Kreida	18,75	0,92	18	0,405	-	-	0,72	0,15	0,48	1,00	65	0,24
18	K _{2t}	Smėlinga kreida	18,94	0,88	14	0,415	-	-	0,89	0,13	0,50	1,01	72	0,22
Terigeninė storiųjų														
19	K _{2cm}	Molingas aleuritas	21,88	0,45	48	0,575	80	0,465	0,32	0,04	0,33	1,12	42	0,32
20	K _{2cm}	Labai smulkus cementuotas smėlis	11,16	0,55	3	0,625	-	-	0,04	0,01	0,12	1,05	50	0,30
21	K _{2j}	Silpnai cementuotas aleuritas	20,62	0,62	28	0,470	32	0,450	0,30	0,06	0,34	1,05	45	0,30
22	K _{2j}	Aleuritas	19,45	0,70	11	0,680	-	-	0,05	0,01	0,13	0,98	38	0,32
23	K _{2j}	Cementuotas aleuritas	19,85	0,68	46	0,380	55	0,355	0,28	0,06	0,32	1,02	56	0,31
24	J _{3ox}	Aleuritas su organine medžiaga	18,60	0,76	140	0,445	155	0,500	0,65	0,17	0,49	0,97	52	0,35
25	J _{3ox}	Aleuritingas molis	19,55	0,66	175	0,520	-	-	0,80	0,12	0,55	1,03	49	0,30
26	J _{3d}	Smulkus smiltainis	20,01	0,61	418	0,652	-	-	6,55	1,22	1,70	1,41	155	0,11
27	T _{1tr}	Molingas mergelis	22,93	0,33	565	0,725	-	-	2,21	0,58	0,94	1,29	205	0,18
28	T _{1pl}	Aleuritingas litifikuotas molis	21,97	0,39	610	0,620	425	0,590	2,37	0,62	0,97	1,25	150	0,28
29	T _{1pl}	Litifikuotas molis	22,08	0,41	685	0,605	520	0,565	3,09	0,75	1,12	1,30	197	0,21
30	T _{1nm}	Argiliziuotas molis	22,30	0,38	750	0,585	615	0,595	3,84	0,88	1,26	1,36	214	0,18
31	T _{1nm}	Molingas smiltainis	20,04	0,52	305	0,700	365	0,665	6,12	0,97	1,64	1,37	183	0,12

6 lentelė. Halogeninės sulfatinės storiųjų ir jos paklotinės karbonatinės storiųjų inžinerinių geologinių sluoksnių geomechaniniai rodikliai (nepalankiausiųjų pasikliautinio intervalo ribų įvertinimai, pasikliautinasis lygmuo – 0,85) (Mikšys, 2004)

Inžinerinio geologinio sluoksnio (IGS) numeris	Inžinerinio geologinio sluoksnio indeksas	Inžinerinio geologinio sluoksnio litologinė sudėtis	Savitasis sunkis γ (kN/m ³)	Poringumo koeficientas $e \times 10^{-3}$ (t)	Stiprumo rodikliai veikiant vertikaliajai jėgai				Stiprumo rodikliai veikiant horizontaliajai jėgai				Tvirtumo koeficientas f_R (t)	Geomechaninės anizotropijos rodiklis f_{an} (t)	Kasybos sunkumo rodiklis I_f (t)	
					Stiprumas gniuždant ritinį (SRM) σ_c (MPa)	Stiprumas tempiant (Frocht) σ_{TF} (MPa)	Sankiba kerpant c (MPa)	Vidinės trinties koeficientas $\tan\varphi$ (t)	Stiprumas gniuždant ritinį (SRM) σ_c (MPa)	Stiprumas tempiant (Frocht) σ_{TF} (MPa)	Stiprumas tempiant (Carreira) σ_{TC} (MPa)	Sankiba kerpant c (MPa)				Vidinės trinties koeficientas $\tan\varphi$ (t)
32	P2pr	Gipsas	22,29	8,5	15,24	4,87	4,31	0,602	14,85	3,42	3,47	3,56	0,802	2,77	1,42	2,12
33	P2pr	Gipso-anhidritas	23,65	7,2	20,22	3,96	4,47	0,910	18,58	4,65	4,78	4,65	0,749	3,28	1,27	2,45
34	P2pr	Dryžuotas anhidritas	28,52	4,3	56,42	7,14	9,48	1,148	52,68	7,42	7,57	9,98	1,129	5,95	1,06	4,45
35	P2pr	Dėmėtas anhidritas	29,23	2,8	68,45	9,35	12,64	1,165	60,47	8,55	8,69	11,34	1,130	7,06	1,07	5,06
36	P2pr	Gipsas	22,94	6,3	25,15	4,95	5,58	0,605	18,22	3,20	3,34	3,82	0,985	3,74	1,38	2,66
37	P2nk	Kaveringa klintis	22,88	-	16,05	3,45	3,72	0,846	12,23	1,90	1,87	2,41	1,071	2,85	1,31	2,12

halogeninių formacijų tinkamumui radioaktyviųjų atliekų laidojimui įvertinti, pateikiami 5 ir 6 lentelėse, o karstinio rajono karstinių įgriūvų uolienų geomechaniniai rodikliai – 7 lentelėje.

7 lentelė. Pasvalio miesto Joninių karstinės įgriuvos dangos inžinerinių geologinių sluoksnių geomechaniniai rodikliai (būdinga vertė, pasikliautinis lygmuo – 0,95) (Mikšys, 2004)

	Inžinerinio geologinio sluoksnio (IGS) numeris	Inžinerinio geologinio sluoksnio indeksas	Inžinerinio geologinio sluoksnio litologinė sudėtis	Bandinių skaičius	Savitasis sunkis γ_k (kN/m ³)	Stiprumas gniuždam ritinį (ISRM) σ_{rk} (MPa)	Stiprumas tempiant (Carneira) σ_{rk} (MPa)	Suminė sankiba			Vidinės trinties rodikliai			Diskretizavimo koeficientas λ_k (t)	Aktyviojo slėgio koeficientas K_{sh} (t)	Suminės sankibos faktorius λ_c (t)
								Irsmo sankiba (Teder) σ_k (kPa)	Kritinė sankiba c_r (kPa)	Masyvo sankiba c_{mk} (kPa)	Vidinės trinties koeficientas (Teder) $\tan \varphi_{rk}$ (t)	Kritinės vidinės trinties koeficientas $\tan \varphi_{kr}$ (t)	Vidinės trinties kampas φ_k (°)			
1	lgIIIbl	Molis		29	19,23	–	–	–	31	31	–	0,345	19,0	1,0	0,509	0,713
2	lgIIIbl	Dulkingas smėlingas molis		3	20,11	–	–	–	36	36	–	0,485	25,9	1,0	0,392	0,626
3	fIIIbl	Žvyras		5	18,15	–	–	–	2	2	–	0,840	40,0	1,0	0,217	0,466
4	gIIIbl	Moreninis dulkingas smėlingas molis		23	22,17	–	–	–	59	59	–	0,600	31,0	1,0	0,320	0,566
5a	D _{3t} ^{nm}	Dolomitmilčiai, plastingi		12	21,45	–	–	22,5	10,7	11	0,597	0,561	29,3	1,0	0,343	0,586
5b	D _{3t} ^{nm}	Dolomitmilčiai, puskiečiai		4	22,09	–	–	45,3	15,5	16	0,665	0,572	29,8	1,0	0,336	0,580
6	D _{3t} ^{nm}	Molingas dolomitas		7	24,67	12,94	1,73	2 366	1 526	198	1,185	0,764	37,8	0,13	0,240	0,490
7	D _{3t} ^{nm}	Gipsas		17	22,98	19,54	4,17	4 510	3 430	515	0,851	0,648	32,9	0,15	0,296	0,544
8	D _{3t} ^{kd}	Molingas dolomitas		7	24,67	12,94	1,73	2 366	1 526	198	1,185	0,764	37,8	0,13	0,240	0,490
9	D _{3t} ^{kd}	Molis, kietas		7	23,42	1,06	0,38	319	282	107	0,530	0,468	25,1	0,38	0,404	0,636
10	D _{3t} ^{kd}	Domeritas		13	22,20	1,09	0,20	233	168	114	0,959	0,692	34,7	0,68	0,274	0,524

INŽINERINIS GEOLOGINIS MONITORINGAS

Inžinerinio geologinio monitoringo tikslas – stebėti geologinės aplinkos ir inžinerinių statinių pokyčius, juos analizuoti, įvertinti bei prognozuoti ateities įvykius. Tai apima statinių nusėdimų ir poslinkių stebėseną, požeminių vandens srautų dinamikos matavimus, geologinių procesų eigos tyrimus, gruntų masių deformacijų matavimą,

perteklinio vandens slėgio esamų statinių pagrinduose dinamikos vertinimą ir kt.

Labiausiai Lietuvoje aktualūs geologiniai reiškiniai, kuriuos sukelia šie gamtos ir antropogeniniai procesai:

1) *Dėl paviršinio vandens veiklos* – upių šoninė ir dugninė erozija bei akumuliacija, šlaitų erozija, jūros, marių, ežerų, vandens saugyklų krantų abraziacija ir akumuliacija. Susidaro tokie reiškiniai kaip statūs upių šlaitai, skardžiai, rėvos, skrodos, griovos, raguvos, salpinės terasos, salos, jūros pakrantės klifai, paplūdimiai, ragai.

2) *Dėl paviršinio ir požeminio vandens veiklos* – pelkėjimas ir karstas. Formuojasi pelkės, užpelkėjusios žemės, požeminės (plyšiai, tuštumos, urvai) ir paviršinės (nišos, smegduobės, įslūgos, šuliniai, įdaubos) karstinės formos.

3) *Dėl sunkio jėgos arba gravitacijos poveikio* – grunto masyvų slinkimas, solifliukcija. Susidaro nuošliaužos, nuogriuvos, nuobiros, srautinės nuošliaužos, sliuogai.

4) *Dėl vėjo veiklos (eoliniai reiškiniai)* – išpustymas ir supustymas. Formuojasi daubos, kopos, duburiai ir pan.

5) *Dėl žmogaus ūkinės veiklos (antropogeniniai veiksniai)* – technogeninių gruntų kaupimasis žemės paviršiuje ir vandens telkiniuose, žemės paviršiaus sėdimas tankėjant gruntams (veikiant statinėms ir dinaminėms apkrovoms), teritorijų patvanka. Formuojasi karjerai, dirbtinio grunto storymės, iškasos, pylimai, užtvankos, krantinės, technogeninės kilmės įgriuvos, statinių ir kelio dangų deformacijos.

Upių šoninė erozija ir gravitacija – šlaitai ir nuošliaužos

Iš visų šlaituose vykstančių inžinerinių geologinių procesų Lietuvos teritorijoje labiausiai paplitusios ir vienos pavojingiausių statybai yra nuošliaužos. Rašytiniuose šaltiniuose nuo XVI a. minimos Gedimino kalno ir Bekešo kalno nuošliaužos Vilniuje, Seredžiaus bažnyčios griuvimas į Nemuno upės slėnį. Didelė nuošliauža įvyko 1947 m. Turniškėse ir vėl atsinaujino 1967 m. (Микшис, 1971).

Nuošliaužų tyrimų istorija Lietuvoje prasidėjo XIX a. pradžioje, tačiau šie tyrimai buvo tik epizodiniai. Apytiksliais duomenimis, per pastarąjį šimtmetį (nuo maždaug 1937 m.) ištirta ar aprašyta apie 85–90 nuošliaužų. Visos Lietuvos mastu užfiksuota apie 60 % visų įvykusių nuošliaužų. Miestų teritorijose vykstančius nuošliaužų procesus ir kokybinį šlaitų procesų vertinimą atlieka Vilniaus universiteto, VILNIUSTECH, Lietuvos geologijos tarnybos mokslininkai ir specialistai.

Nuošliaužos žeidžia ne tik natūralius gamtinius šlaitus, bet ir senųjų istorinių kultūros paveldo objektų (pavyzdžiui, piliakalnių) bei

dabartinių transporto magistralių šlaitus, taip pat naudingųjų iškasenų telkinių karjerų bortus ir netgi didžiųjų sąvartynų sankasų šlaitus. Nuošliaužų aktualumas susijęs su tuo, kad didžiausi Lietuvos miestai – Vilnius ir Kaunas – yra išsidėstę giliuose ir stačiuose upių slėniuose. Žmogaus ūkinė veikla, ypač vykdant statybas šlaituose ir jų prieigose, dažnai pažeidžia šių teritorijų pusiausvyros būseną ir gruntų gamtinio drėgnumo režimą. Pasikeitus gruntų įtempio būsenai ir jų stiprumo savybėms dėl statybos darbų, nuošliaužos gali susiformuoti net ir užstatylose teritorijose.

Nuošliaužų susidarymą lemiančios inžinerinės geologinės sąlygos, kurios pradeda formotis ir vystytis deformacijos šlaituose, yra šios:

1) *Geologinės sandaros ypatumai*. Šlaitų deformacijos dažniausiai vyksta kvartero nuogulų storumėje, sudarytoje iš įvairaus rupumo smėlių, dulkių, dulkingų molių, dulkingų smėlingų molių ir molių. Kartais nuošliaužos atsiranda automobilių kelių sankasose dėl durpių ir dumblo deformacijų. Labiausiai nestabilūs šlaitai yra tie, kuriuose slūgso plastinės ar minkštai plastinės konsistencijos juostiniai moliai arba nepakankamai sutankėję supiltiniai gruntai. Geriausiais pavyzdžiais galėtų būti nuošliaužos Kuksos, Tauragės, Rašnavos molio telkiniuose, Vilkpėdėje Vilniuje, Gandingos piliakalnio šlaituose. Pastaruoju metu ypač daug nuošliaužų formuojasi naujų kelių statybos vietų šlaituose.

2) *Hidrogeologinės ir hidrologinės sąlygos*. Dėl paviršinio ar požeminio vandens poveikio pasikeičia molingų gruntų konsistencija ir stiprumas, kai veikia hidrodinaminis slėgis šlaite arba filtracinio srauto jėgos kontraforsinėje dalyje. Pastaroji aplinkybė Lietuvoje ypač svarbi, nes naudingųjų iškasenų telkiniuose šios hidrodinaminės jėgos lemia šlaitų nestabilumą. Labai dažnai hidrogeologinių veiksnių poveikis nuošliaužų formavimuisi sietinas su sufoziniais procesais.

3) *Geomorfologinės sąlygos*. Gamtinėse geomorfologinėse situacijose šlaitai dažniausiai yra nestabilūs abrazijos arba erozijos veikiamuose ruožuose, kur išplaunama kontraforsinė šlaitų dalis, o šlaitų statusas didėja iki pastovumo (stabilumo) ribos.

4) *Technogeninės sąlygos*. Nuošliaužos gali įvykti dėl vibracijos, pavyzdžiui, Tonribio, Kuksos, Tauragės, Rašnavos karjeruose arba bandomuosiuose kasybos sklypuose. Statybos praktikoje naudojamos atraminės sienos sukelia vietinius hidrogeologinių sąlygų pokyčius, pabloginančius gruntų stiprumo parametrus. Dažnos priežastys yra šlaitų papėdės kasinėjimas, šlaito viršaus apkrovimas, komunikacijų avarijos bei natūralios augmenijos pašalinimas.

Lietuvos geologijos tarnyba 1997–2011 m. vykdė nuošliaužų inventorizacijos projektą upių slėniuose Vilniuje ir Kaune. Vilniuje buvo inventorizuotos 47 nuošliaužos, o Kaune – 38.

Vilniuje nuošliaužos dažniausiai formuojasi aukštuose (30–50 m) ir stačiuose (35°–55°) Neries ir Vilnios upių slėnių šlaituose, rečiau – Vokės ir Riešės. Daugiausia nuošliaužų (per 20) aptikta Neries slėnyje ties Kryžiokais ir Ožkinių–Valakupių ruože bei ties Karoliniškėmis ir Bukčiais. Daugiau kaip 15 nuošliaužų aptikta Vilnios slėnyje Rokantiškių–Markučių ruože.

Kaune nuošliaužos išsidėsčiusios visoje teritorijoje. Jos dažniausiai susiformuoja mažesnių upelių – Jiesios, Marvelės, Sėmenos, Veršvos, Girstupio – šlaituose, rečiau – Nemuno ir Neries upių slėnių bei griovų šlaituose, kurių aukštis kinta nuo 20 iki 60 m, o polinkio kampas – nuo 35 iki 60°. Dvylika nuošliaužų aptikta Kauno marių krantuose Palemono–Armališkių ruože.

Nuošliaužos dažniausiai yra šiuolaikinės, aktyvios arba jau galutinai susiformavusios, nedidelės (10–180 m³ tūrio) ir vidutinės (225–940 m³ tūrio). Keturios didelės nuošliaužos (3 000–13 750 m³ tūrio) aptiktos Vilniuje, Neries slėnio dešiniajame šlaite ties Kryžiokais ir Turniškėmis bei aštuonios didelės nuošliaužos Kaune – Girstupio upelio slėnio dešiniajame šlaite ties Slėnio gatve, Nemuno slėnio dešiniajame šlaite ties Verkių gatve ir kitose vietose. 1994 m. pavasarį Kaune nuošliaužos padarė maždaug 2 mln. litų nuostolių pastatams ir komunikacijoms. Viešojoje erdvėje mažai minėta 1981 m. Vilniuje, Vilkpėdėje, įvykusi nuošliauža, nusinešusi ir žmonių gyvybes – tuomet nuošliauža užgriuvo apačioje buvusius privačius gyventojų garažus ir pražudė kelis žmones.

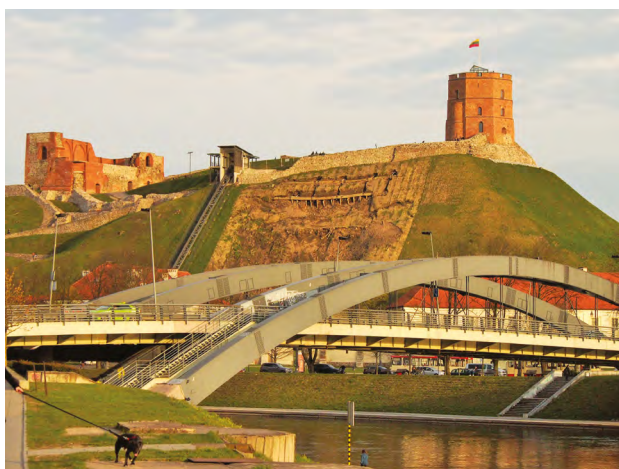
Viena didžiausių šiuolaikinių nuošliaužų įvyko Vilniuje 2000 m. rugpjūčio 8 d. Dvarčios upelio slėnio šlaite, kurį sudarė iki 12,5 m storio technogeninis gruntas. Nuošliaužos tūris siekė 80 tūkst. m³. Buvo sugriauti du bendrovės „Dvarčionių keramika“ sandėliai ir suardyti inžineriniai tinklai. Nuostoliai įvertinti 5,7 mln. litų.

2008 m. kovo pradžioje nuslinko Gedimino kalno šlaito dalis iš Vilnios upės pusės. Toje pačioje vietoje 2004 m. jau buvo susidariusi nuošliauža, tik šiek tiek mažesnė. Tuomet buvo imtasi primityvių priemonių – tas pats gruntas sukastas atgal ir pasėta žolė, o tai yra viena iš priežasčių, kodėl kitą pavasarį šiame kalno šlaite atsirado jau daug didesnė nuošliauža. Jos plotis siekė 11–13 m, ilgis horizontaliai – 13–15 m, o bendra nuošliaužos masė sudarė 150–200 m³.

Gedimino kalnas pradėjo intensyviau griūti 2016–2017 m. (15–18 pav.). Tokie pavojingi geologiniai reiškiniai (nuošliaužos, plyšiai žemės paviršiuje, įgriuvos ir kt.) Gedimino pilies kalno šlaituose pastaraisiais dešimtmečiais susidarydavo periodiškai, o pastaruoju metu jų grėsmė tik didėjo. Po šių įvykių imtasi priemonių situacijai suvaldyti: atlikti inžineriniai geologiniai, hidrogeologiniai ir geofiziniai tyrimai, įrengtos geotechninės stebėsenos sistemos, nuošliaužos buvo tvarkomos. Tačiau,



15 pav.
Deformavęsis
šiauręs vakarų
Gedimino kalno
šlaitas, 2016 m.
ankstyvas
pavasaris.
Vido Mikulėno
nuotr.



16 pav.
Gedimino kalno
nuošliauža
šiauręs vakarų
šlaite, 2017 m.
pavasaris.
V. Mikulėno
nuotr.



17 pav.
Nuošliauža,
vaizdas nuo
Gedimino kalno
viršaus, 2016 m.
ankstyvas
pavasaris.
V. Mikulėno
nuotr.



18 pav. Gedimino kalno pietrytinis šlaitas su atsidengusiais poliais po taku, 2017 m. vėlyvo rudens nuošliauža. V. Mikulėno nuotr.

tenka pripažinti, kad vis dar išlieka tam tikras pavojus ir ateityje. Tokios nuošliaužos gali turėti įtakos gynybinei sienai ir kunigaikščių rūmų liekanoms, nes jų sienos po truputį sėda ir pasislenka. Nors per dešimtmetį poslinkis siekia tik 2–3 cm, tai nereiškia, kad galime likti ramūs ir nieko nedaryti.

Nuošliaužos ir šlaitų deformacijos Vilniaus miesto Neries slėnyje kelia grėsmę gyvenamiesiems namams ir kitiems statiniams, elektros tinklams, įvairioms komunikacijoms, taip pat keliams ir gatvėms šalia šlaito atbrailos ties Veržuva, Kryžiokais, Turniškėmis, Bukčių vandenvietė, Vilnios slėnyje ties Markučiais, Vokės slėnyje ties Liudvinavu bei kitose teritorijose.

Kaune pavojingos nuošliaužos paplitusios įvairiose vietovėse: Nemuno slėnio dešiniajame šlaite (Verkių g. 61, Aukštutiniai Kaniūkai, Žalčio karūnos al. 34 – raguva tarp J. Bakanausko g. ir Liūdesio al., raguva Žaliakalnyje, Savanorių pr. 51), Nemuno slėnio kairiajame šlaite Aleksote (Veiverių g. 50), Neries slėnio dešiniajame šlaite (Domeikava), Marvelės slėnio dešiniajame šlaite (Santarvės g. 29) bei autostrados Kaunas–Klaipėda šlaitų iškasose.

Pagal nuošliaužų inventorizacijos Vilniuje ir Kaune duomenis, nuošliaužos dažniausiai susidaro ten, kur natūrali aplinka, palanki nuošliaužoms formotis, yra pažeista žmogaus ūkinės veiklos. Daugelio klaidų ir nelaimių būtų galima išvengti, jei visi statybos ar ūkinės veiklos šlaituose projektai būtų rengiami remiantis inžineriniais geologiniais tyrimais, o statybų leidimai išduodami tik atlikus inžinerinę geologinę ekspertizę.

Vandens telkiniai ir jų krantų ardymas (abrazija)

Kauno marių krantų ardymas

Kauno marios – 63,5 km² ploto vandens baseinas, kurio ilgis siekia 95 km, didžiausias plotis – 3,3 km, didžiausias gylis – 24,6 m. Kauno miesto teritorijai priklauso daugiau kaip 11 km ilgio vakarinės Kauno marių dalies pakrantės ruožas, kuriame gana aktyviai vyksta krantų ardymas ir formuojasi nuošliaužos.

Pagrindiniai krantų ardymą lemiantys veiksniai yra šie: vėjo kryptis ir greitis, bangų aukštis, priekrantės srovių kryptis ir greitis, kranto linijos konfigūracija, povandeninės dalies nuolydis, priekrantės dalies plotis, krantų polinkis, priekrantės ir kranto litologinė sudėtis. Kauno marių zonoje vyrauja vakarų ir pietų vėjai, kurių greitis siekia iki 15 m/s. Stiprūs vėjai per metus pasikartoja iki 16 kartų, sukeldami mariose dideles bangas. Didžiausias bangų įsibėgėjimo kelias siekia apie 8 km, vidutinis – apie 2,5–3,0 km. Abraduojamų krantų aukštis kinta nuo 1,5 iki 12,5 m, jų polinkio kampas – nuo 40–50° iki 90°.

Ardomus marių krantus ties Zuikine ir Palemonu dažniausiai sudaro iki 8 m storio Baltijos posvitės limnoglacialinių nuosėdų smėlis ir molis, 8–10 m storio moreninis dulkingas smėlingas molis bei smėlingas ir dulkingas molis, o giliau slūgso Grūdės posvitės moreninis dulkingas smėlingas molis ir smėlingas bei dulkingas molis. Marių krantuose ties jachtų klubu Pažaislyje jų pjūvio viršutinėje dalyje slūgso iki 5 m storio holoceno eolinis smėlis, taip pat Medininkų svitos fliuvioglacialinis žvyringas smėlis ir moreninis dulkingas smėlingas molis bei smėlingas ir dulkingas molis.

Ardomų krantų atkarpų ilgis kinta nuo 20–30 iki 200 m. Marių krantai intensyviausiai ardomi Pažaislio iškyšulyje ir ties Palemonu. Pažaislio iškyšulyje 1960–1977 m. kranto atsitraukimo greitis siekė 1,0–3,3 m per metus, o ties Zuikine – 0,6–1,6 m per metus. Ilgiausias, per 200 m ilgio, abrazijos ruožas yra ties Amaliais. Bendras ardomų krantų ruožų ilgis siekia apie 1,3 km, t. y. 12 % visos Kauno miesto teritorijai tenkančios marių pakrantės ilgio. Betonine krantine yra sutvirtinta apie 2 km marių kranto linijos, o likusioje dalyje marių krantai yra akumuliaciniai arba stabilūs.

Upių šoninė erozija

Kauno miesto teritorijoje upių šoninė erozija labiausiai vyksta Jiesios slėnyje. Slėnio plotis kinta nuo 250 iki 500 m, šlaitų aukštis siekia 30–40 m, o polinkio kampas 45°–55°. Salpa yra siaura – iki 20 m pločio, 2–3 m aukščio. Didžiąją slėnio dalį užima pirma viršsalpinė terasa. Ties Sąnašos ir Šlaito gatvėmis aptinkami II ir III terasų fragmentai (Karmazienė, 2003). Jiesios vaga labai vingiuota: staigiuose posūkiuose vyksta intensyvi šoninė

erozija. Dažniausiai ardomi slėnio šlaitai, sudaryti iš moreninių nuogulų, į kuriuos atsiremia upės vagos kilpos. Šie labai vaizdingi eroziniai šlaitai su kreidos luistais, slūgsančiais kvartero nuogulų atodangose, priklauso Jiesios kraštovaizdžio draustiniui. Ardomy kranto atkarpų ilgis kinta nuo 40–60 iki 100 m. Jų aukštis – 2–13 m.

Literatūros duomenimis, XVII–XVIII a. Neries slėnyje vyko intensyvi šoninė erozija – buvo paplautas pilies šiaurinis bokštas, šiaurinė siena ir dalis aikštės. Šiuo metu Kauno miesto teritorijoje didžiųjų upių – Nemuno ir Neries – slėniuose upių šoninė erozija yra ribota. Nemuno vagos ilgis Kauno mieste siekia apie 25 km, jo slėnio plotis kinta nuo 1,0 iki 2,5 km, slėnio šlaitų aukštis didesnis nei 50 m, o polinkio kampas siekia 30° – 50° . Nemuno vagos plotis svyruoja nuo 175 iki 400 m, o gylis – nuo 1,7 iki 5,0 m. Srovės greitis sausuoju periodu yra 0,6–0,8 m/s, o pavasario polaidžio metu padidėja iki 1,5–2,2 m/s.

Nemuno slėnyje plačiausiai paplitusios 20–250 m pločio ir 2–3 m aukščio salpos, 100–400 m pločio ir 4–6 m aukščio I viršsalpinė terasa bei iki 1,7 km pločio ir 7–11 m aukščio II viršsalpinė terasa. III, IV ir V terasos išlikusios tik kaip atskiri fragmentai. Ardomas apie 80 m ilgio ruožas aptiktas tik kairiajame Nemuno krante, Panemunėje, ties Vaidilos gatve. Šiame ruože ardomą krantą sudaro smulkus smėlis, o šio kranto aukštis siekia 2,7–3,0 m. Kai kurios Nemuno krantų atkarpos upės vingiuose yra sutvirtintos, todėl erozijos procesai čia nebevyksta. Dešiniajame krante betonine krantine sutvirtinta apie 0,7 km atkarpa ties Petrašiūnais ir 3,2 km atkarpa Senamiestyje, ties Karaliaus Mindaugo prospektu, o kairiajame krante – 1,7 km ilgio atkarpa ties Marvelės gatve bei kitose vietose. Bendras sutvirtintų Nemuno krantų ilgis Kauno mieste sudaro apie 6,2 km.

Neries upės vagos ilgis Kauno mieste siekia 9,8 km. Neries slėnio plotis kinta nuo 0,7 iki 1,7 km, slėnio šlaitų aukštis – 30–40 m, o polinkio kampas 25° – 35° . Didžiąją Neries slėnio dalį užima 60–180 m pločio ir 2–3 m aukščio salpa, 50–300 m pločio ir 3–5 m aukščio I viršsalpinė terasa bei iki 1,2 km pločio ir 5–7 m aukščio II viršsalpinė terasa. Ardomas 20 ir 250 m ilgio I viršsalpinės terasos atkarpos aptiktos dešiniajame upės krante, Vilijampolės vingyje, ir 30–100 m ilgio atkarpos – kairiajame upės krante, Kleboniškių vingyje. Tiesioje upės vagos atkarpoje tarp šių vingių šoninės erozijos procesai nevyksta.

Lietuvos pajūrio krantų erozija

Sisteminė krantų stebėsena pradėta vertinant uragano „Anatolijus“ padarinius. Per pastaruosius 25 metus įvyko keli katastrofiniai krantų nuardymai: 1999 m. gruodį – uraganas „Anatolijus“; 2005 m. sausį – uraganas „Ervinas“; 2006–2007 m. gruodį–sausį – audra; 2015 m. – uraganas

„Feliksas“; 2020 m. vasarą – uraganas „Laura“; 2022 m. žiemą – audra. Iki tol katastrofiniai krantų nuardymai, pučiant uraganiniams vėjams ir susiformavus labai aukštoms (140–150 cm virš vidutinio Baltijos jūros vandens lygio horizonto) vėjo sukeltoms patvankoms, pradedant 1967 m. didžiule audra Klaipėdoje ir visame pajūryje, kurios stiprumas galėjo prilygti net 2–3 uragano kategorijai, kartodavosi kas 16 metų. Todėl nepalankios sąlygos krantams dažnėja, o tai kelia rūpestį ir Vyriausybei, ir pajūrio gyventojams. Žemyninėje pakrantėje vykdomi įvairūs jūros krantų sutvirtinimo ir stabilizavimo eksperimentai, tačiau krantų būklė nuolat blogėja.

Intensyviausiai ardoma 3 km ilgio pakrantės atkarpa – nuo Palangos gelbėjimo stoties iki akmenų sąvartos, esančios 0,3 km piečiau Birutės kalvos. Kai kuriose šios atkarpos vietose per pastaruosius aštuonerius metus nuplauta 40–50 m paplūdimio zonos kopų. Per tą patį laikotarpį 11–15 m nuardyta 1,1 km ilgio Olando Kepurės ir 2 km ilgio Plažės moreninių iškyšulių ruožai. Čia didžiausią įtaką skardžių šlaitų ir moreninio grunto nuslinkimams daro sufoziniai procesai. Nuo 12 iki 17 m nuardyta 2,2 km pakrantės ruožas nuo Girulių gelbėjimo stoties ir dar 1,3 km atkarpa į pietus nuo Antrosios Melnragės. Po 10–15 m kopagūbrio nuplauta ruožė nuo valstybinės sienos su Latvija iki Būtingės terminalo vamzdyno. Po 12–16 m nuardyta 6,2 km pakrantės atkarpa: 1 km į pietus nuo Monciškių ir 0,9 km piečiau „Medūzos“ pirčių komplekso.

Kuršių nerijoje aktyviausiai ardomas Kopgalio iškyšulys, nors miškininkai deda daug pastangų atkurti nuardytus šlaitus. Didžiausias nuskalavimas – apie 20 m – įvyko siaučiant uraganui „Anatolijus“. Pro susidariusį tarpą tarp Kopgalio smailumos ir tetrapodų vėjai pusto smėlį į Klaipėdos sąsiaurį. Neigiamą poveikį daro ir 2000–2001 m. atlikta uosto molų rekonstrukcija. Per septynerius metus prarastas 23 m pločio šlaito ruožas. Nuo 7 iki 13 m pločio nuardyta ir nuolat tvirtinama pakrantės atkarpa nuo Kopgalio iki Smiltynės gelbėjimo stoties. Toliau į pietus apsauginis paplūdimio kopagūbris ardomas netolygiai, nes šį procesą lemia sudėtingas gamtinių veiksnių kompleksas ir kaimyninės šalies kopagūbrio pokyčiai.

Vis aktyvesnis krantų ardymas nuo valstybinės sienos su Rusija palaipsniui plinta į šiaurę ir jau pasiekė šiaurinę Juodkrantės pakrantę. Pakrantės ardymo procesus stabdo ir nuskalautus šlaitus saugo miškininkai. Todėl tik trumpose atkarpose ties valstybine siena, tarp Nidos ir Preilos, per tiriamąjį laikotarpį prarasta iki 12 m šlaitų. Daugelyje kitų atkarpų šlaitai išsilaikė arba net priaugo.

Intensyviausiai krantai ardomi į šiaurę nuo Juodkrantės ir visuose nuo bangų neapsaugotuose raguose. Krantus saugo gelžbetoninės krantinės ir, kiek mažiau, suvešėję nendrynai. Daugiausiai krantų (1,6 ha) buvo nuardyta per uraganą „Anatolijus“, o kitais metais – po 0,5–0,9 ha (19, 20 pav.).



19 pav. Lietuvos pajūris, Olando Kepurė, 2018 m.
V. Mikulėno nuotr.



20 pav. Lietuvos pajūris, Olando Kepurė, 2018 m.
V. Mikulėno nuotr.

Karstiniai reiškiniai

Šiaurės Lietuvos karstinis regionas, kuriam priskiriamos Biržų ir Pasvalio rajonų savivaldybių teritorijos bei dalis Panevėžio ir Radviliškio rajonų savivaldybių, užima apie 1 036 km² plotą. Rajone stebimi intensyvūs šiuolaikiniai karstiniai procesai ir reiškiniai: karstinis grunto slūgimas po statiniais arba arti jų atsiveriančios smegduobės sukelia didesnes už leistinas ribines statinių deformacijas, kartais – pastatų avarijas.

Karstinio regiono inžinerinės geologinės sąlygos yra ypatingos. Jų sudėtingumą ir savitumą lemia intensyvūs karstiniai procesai ir reiškiniai, priklausantys nuo rajono geologinės sandaros ir hidrogeologinių sąlygų. Geologiniame pjūvyje iki 35–40 m gylio, lemiančio karsto vystymąsi ir teritorijos pastovumą, slūgso kvartero sistemos nuogulos bei viršutinio

devono Pamūšio, Įstro, Tatulos svitų uolienos. Kvartero nuogulų storis čia nedidelis – dažniausiai neviršija 10–15 m, o upių slėniuose ir kai kuriuose tarpupiuose siekia vos 0,5–2,5 m.

Po kvartero nuogulomis karstiniame rajone slūgso karstėjančios uolienos: gipsas, dolomitingas gipsas, gipsingas dolomitas, domeritas, dolomitas, dedolomitas, dolomitiniai miltai. Karstinis vanduo dažniausiai nėra visiškai išotintas kalcio sulfatu, tačiau yra agresyvus gipsui, todėl karsto vystymasis yra neišvengiamas. Karstiniame rajone paplitusios tiek paviršinės (išlūgos, muldos, įsmukos, smegduobės ir kt.), tiek požeminės (dėl vandens tirpinamojo poveikio praplatėję plyšiai, kanalai, tuštumos, urvai ir kt.) karstinės formos.

Daugiausia rajone pasitaiko smegduobių. Išaiškintų įvairiais geologiniais metodais – kartografavimo, dešifruojant nuotraukas arba specialiai tiriant žemės paviršiuje neatsispindinčias formas – smegduobių skaičius viršija 10 tūkstančių. Dalis jų užlygintos ar kitaip pakeistos vykdant melioraciją, plečiant dirbamos žemės naudmenas, kasant tvenkinius ir kt. Šis skaičius tebetikslinamas, naudojant naujus 2010–2022 m. žemės paviršiaus erdvinio skenavimo (LIDAR) duomenis, kurie leidžia išaiškinti karstines reljefo formas, ankščiau nepastebėtas miškingose teritorijose. Karstiniame rajone paplitusios įvairaus morfologinio tipo, dydžio, gylio ir amžiaus smegduobės. Dažniausiai jos apvalios arba ovalios, 10–20 m skersmens, iki 5 m gylio, lėkštės arba dubens, rečiau – piltuvo formos.

Biržų ir Pasvalio miestai yra labai nepastovioje karsto atžvilgiu zonoje. 1999 m. buvo parengta Biržų ir Pasvalio miestų inžinerinių geologinių sąlygų įvertinimo programa. 2003 m. parengtas Pasvalio miesto inžinerinių geologinių sąlygų įvertinimo projektas. Vykdant šį projektą, 2003–2005 m. atlikti inžineriniai geologiniai tyrimai, o 2004 m. pradėtas projektas „Suaktyvėjusio karstinio proceso Biržų rajone geologiniai tyrimai“. 2004–2005 m. Biržų rajono savivaldybės administracijos nurodytose vietose (8 gyventojų namų valdos ir 3 kelių ruožų atkarpos) buvo atlikti inžineriniai geologiniai tyrimai, įvertintos namų valdų inžinerinės geologinės sąlygos ir karsto grėsmė pastatams.

Pastaraisiais dešimtmečiais vis dažniau atsiveria naujos karstinės įgriuvos šio regiono teritorijoje. Kasmet nustatoma nuo kelių dešimčių iki 50 naujų įgriuvų (2024 m. – daugiau kaip 60). Jose prasmegusio grunto tūris svyruoja nuo maždaug 1 m³ iki 5–10 m³, tačiau pasitaiko ir siekiančių kelis šimtus kubinių metrų, pvz., Geologų duobė Karajimiškyje ar Ažubalių karstinė įgriuva-„krateris“ Biržų rajone. Pastaroji yra didžiausia nauja smegduobė per šiuolaikinio Valstybinio aplinkos monitoringo programų vykdymo laikotarpį.

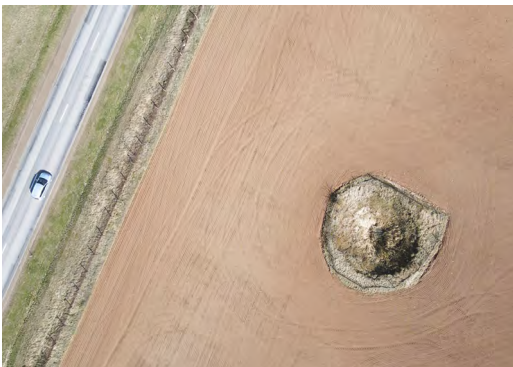
Remiantis Valstybinio aplinkos monitoringo programos karstinio kraštovaizdžio būklės stebėjimo metiniais planais, Lietuvos geologijos

tarnyba du kartus per metus (pavasariį ir rudenį) vykdo karstinių reiškinių inventorizavimo ir jų morfometrinių duomenų rinkimo darbus labiausiai sukarstėjusiuose Karajimiškio, Mantagailiško, Drąseikių ir Daumėnų kaimų (Biržų r.) plotuose. Nauji karstiniai reiškiniai pagal atsiradimo laiką inventorizuojami ir kitų rajonų savivaldybėse, daugiausiai – Pasvalio. 2024 m. rudenį buvo aptikta 16 naujų karstinių reiškinių (12 smegduobių, 1 įslūga ir 3 urvai), o 2025 m. pavasarį – 7, rudenį – dar 5. Šie pokyčiai glaudžiai susiję su meteorologinėmis sąlygomis: rudenį ir per žiemą dėl mažo kritulių kiekio gruntinio vandens lygis buvo sumažėjęs. Didžiausios smegduobės 2025 m. pavasarį, kaip ir 2021 m., buvo rastos Pasvalio rajone.

Per pastaruosius 100 metų Lietuvos Šiaurės karstiniame regione kasmet ištirpdavo vidutiniškai 232 m^3 gipso viename kvadratiname kilometre. Tai reiškia, kad susiformuoja toks suminis požeminių tuštumų tūris. Per 2014–2023 m. dėl smegduobių susiformavo tik $2,82 \text{ m}^3$ viename kvadratiname kilometre, arba tik 1 % ištirpinto gipso tūrio. Tai rodo, kad požemyje yra daug tuštumų, lemiančių žemės paviršiaus slūgimą karstiniame regione (per pastaruosius 100 metų jis siekė 0,02 m). Prognozuojamas kritulių kiekio padidėjimas 1,5 % iki 2100 m. gali lemti gipso tirpimo intensyvėjimą ir pavojingų smegduobių atsiradimą (21–24 pav.).



21 pav. Smegduobė
Puškonių k., Pasvalio r.,
2025 04 12.
V. Mikulėno nuotr.



22 pav. 8,5 m pločio ir 9,5 m
gylio karstinė įgriuva, apie
40 m nuo kelio Pasvalys–
Biržai, atsivėrusi 2013 05 01.
V. Mikulėno nuotr., 2025 m.



23 pav. Pumpėnų seniūnijos Moliūnų kaime užfiksuota aktyvi karstinė įgriuva, 2024 12 26. V. Mikulėno nuotr.

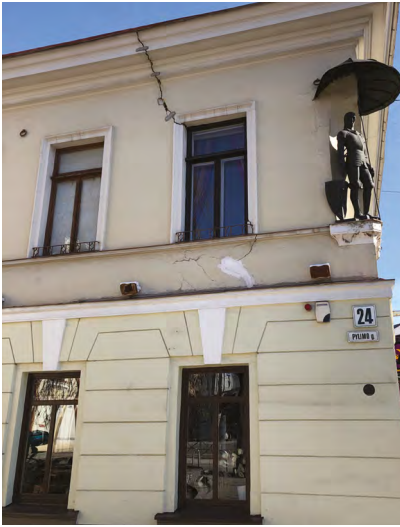


24 pav. Didžiausia karstinė įgriuva – 25 m skersmens, daugiau kaip 6 m gylio ir apie 800 m³ tūrio karstinė įgriuva-„krateris“ Užubaliuose, Biržų r., 2024 m. ruduo. V. Mikulėno nuotr.

Statinių deformacijos

Miestų teritorijose gruntinis vanduo yra intensyviai veikiamas antropogeninių procesų. Eksploatuojant vandenvietes, statant statinius, asfaltuojant teritorijas, įrengiant kanalizaciją ir drenažą, žemėja gruntinio vandens lygis, kinta jo nuotėkio ir iškrovos režimas, mažėja infiltracinės mitybos plotas. Nemažos įtakos turi ir transporto sukelta vibracija. Žemėjant gruntinio vandens lygiui, tankėja smėlingi bei smėlingi ir žvyringi grunta, vyksta durpių ir organinių medžiagų skaidymasis ir destrukcija. Dėl šių procesų sėda žemės paviršius, pamatai ir statiniai, deformuojasi gatvių danga.

Statinių deformacijos yra dažnos Vilniaus, Klaipėdos, Kauno ir kitų miestų senamiesčiuose (25–27 pav.). Ypač ryškios statinių deformacijos pastebimos Vilniaus arkikatedroje, Senojo arsenalo pastatų sienose ir archeologinių ekspozicijų mūruose, Aukštutinės pilies mūrų liekanose, pastatuose, esančiuose Islandijos, Pilies, Pylimo, Subačiaus, Paupio, Užupio ir Pranciškonų gatvėse. Klaipėdoje pastatų deformacijų taip pat paveikta visa senamiesčio teritorija – Žvejų, Danės, Didžioji Vandens, Kepėjų ir Tomo gatvės.



25 pav. Plyšiai Pylimo g. 24, Vilniuje, 2021 m. Sonatos Gadeikienės nuotr.



27 pav. Plyšiai name Šv. Ignoto g., Vilniuje, 2004 m. S. Gadeikienės nuotr.



26 pav. Plyšiai name Šv. Ignoto g., Vilniuje, 2004 m. S. Gadeikienės nuotr.

Geologinės aplinkos sąlygų kartografavimas

Inžinerinis geologinis kartografavimas yra itin svarbi veikla, turinti didelę reikšmę valstybei tiek strateginiu, tiek praktiniu požiūriu. Jis sudaro pagrindą tvariam valstybės teritorijų naudojimui, statybų saugai, gamtos išteklių valdymui ir aplinkos apsaugai. Inžinerinis geologinis kartografavimas yra ne tik techninis procesas, bet ir strateginis instrumentas, užtikrinantis pažangų šalies vystymąsi.

Žemėlapiai ir juose pateikiama informacija yra koncentruotas žinių šaltinis, leidžiantis valstybei planuoti ir statyti infrastruktūros objektus, tvariai naudoti gamtos išteklius, taip pat įvertinti teritorijų jautrumą užteršimui, potvyniams, erozijai ar seisminiams pavojams. Remiantis tokiais žemėlapiais atliekamas vertinimas, reikalingas tiek aplinkosauginiam planavimui, tiek nelaimių ir katastrofų prevencijai. Inžineriniai geologiniai žemėlapiai naudojami rengiant detaliuosius teritorijų planus – jie leidžia numatyti miestų plėtrą, padeda sudaryti ilgalaikes urbanistines strategijas, atsižvelgiant į gamtines sąlygas. Sukaupta inžinerinė geologinė informacija tampa svarbia duomenų baze sprendimų priėmimui, investiciniam vertinimui ir nacionalinio saugumo užtikrinimui.

Inžineriniai geologiniai žemėlapiai turi taikomąją vertę: juose pateikiama informacija apie teritorijos geotechninę situaciją leidžia prognozuoti gruntų masyvų geomechaninių reakcijų pobūdį, jų lokalizaciją, įvertinti statybai ir kitai žmogaus inžinerinei veiklai reikšmingas reljefo formas, teritorijoje vykstančius geologinius procesus ir reiškinius, pulto grunto storį, gruntų vandeningumą, požeminio vandens lygius ir spūdžius, hidrogeocheminį agresyvumą ir kitus veiksnius (28–33 pav.).






















26 pav. Lietuvos teritorijos inžinerinis geologinis žemėlapis,
M 1: 500 000, 1997 m. (www.lgt.lt).

I. GRUNTŲ IR UOLIENŲ GRUPĖS, POGRUPĖS BEI STRATIGRAFINIAI GENETINIAI KOMPLEKSAI

Grupė	Pogrupė	Spalva žemėlapyje ir pjūviuose	Pogrupės išskyrimo kriterijus: E deformacijos modulis (MPa) q kūrinis stipris (MPa) R atsparumo gniuždymui riba (MPa)	Stratigrafiniai genetiniai kompleksai, slūgsantys inžinerinių statinių aktyvaus poveikio sferoje																											
				Prekvartero uolienos												Viršutinis devonas															
																Famenis							Franis								
				Pelkių nuogulos	Aliuvinės nuogulos	Eolinės nuogulos	Beitinės nuogulos	Ežerinės nuogulos	Įrūtinės nuogulos	Limnoglacialinės nuogulos	Fliotglacialinės nuogulos	Akvagacialinės nuogulos	Glacietinės nuogulos			Kelterių svita	Zaganės svita	Svetės svita	Mūrių svita	Aluvenos svita	Kuršių svita	Joniskro svita	Šiaulių svita	Kruojos svita	Pakruojos svita	Stipanių svita	Pramušio svita	Istro svita	Latulos svita		
b IV	a IV	a III nm	v IV	am IV	l IV	m IV	lg III nm ³	lg III nm ¹	f III nm ³	f III nm ¹	f III žm ₃	f,lg III m ¹⁻²	f,lg III m ²⁻³	f,lg III m ³	g III nm ³	g III nm ¹	g III m ₁	g III m ₃	g III m ₂	g III m ₃	g III m ₁	g III m ₂	g III m ₃	g III m ₁	g III m ₂	g III m ₃	g III m ₁	g III m ₂	g III m ₃		
D,kt	D,žg	D,sv	D,mr	D,ak	D,kt	D,jn	D,sl	D,krj	D,apk	D,st	D,pm	D,ys	D,tt																		
GRUNTAI	Klampūs (biogeniniai)	Ypatingai spūdūs	E ≤ 2																												
		Labai spūdūs	2 < E ≤ 5																												
	Rišlūs	Silpni	q ≤ 1																												
		Vidut. stiprumo	1 < q ≤ 3																												
		Stiprūs	3 < q ≤ 5																												
	Labai stiprūs	q > 3																													
	Birūs	Silpni	q ≤ 2																												
Vidut. stiprumo		2 < q ≤ 6																													
Stiprūs		6 < q ≤ 10																													
Labai stiprūs		q > 10																													
Uolienos	Nestiprios	R < 2,5																													
	Vidut. stiprumo	2,5 ≤ R < 15																													
	Stiprios	15 ≤ R < 50																													
	Labai stiprios	R ≥ 50																													

II. GRUNTŲ IR UOLIENŲ TIPAI

 Dūrpė	 Žvyras ir žvyringas smėlis	 Smulkus ir dulkingas smėlis	 Priesmėlis ir priesmėlis	 Smiltainis	 Klintis	 Dolomitinis mergelis	 Dolomitas	 Dedolomitas
 Dumblas	 Rupus ir vidutinio rupumo smėlis	 Molis	 Priesmėlis ir priesmėlis, moreniniai	 Aleurolitas	 Mergelis	 Dolomitinis molingas mergelis	 Molingas dolomitas	 Dolomitiniai miltai
								 Gipsas

29 pav. Lietuvos teritorijos inžinerinio geologinio žemėlapio M 1: 500 000 sutartiniai ženklai, 1997 m. (www.lgt.lt).

Inžinerinių geologinių rajonų tipinių pjūvių

Kolonėlės viršuje – inžinerinio geologinio rajono numeris

Kairėje – uolienu ir gruntų genėzė ir amžius

Centrinėje dalyje:

spalva – gruntų ir uolienu grupė ir pogrupė;

štrichuotė – gruntų ir uolienu tipas; raidė – sluoksnio indeksas, kai stratigrafinį genetinį kompleksą sudaro keli sluoksniai.

Dešinėje – stratigrafinio genetinio komplekso vidutinis storis, metrais

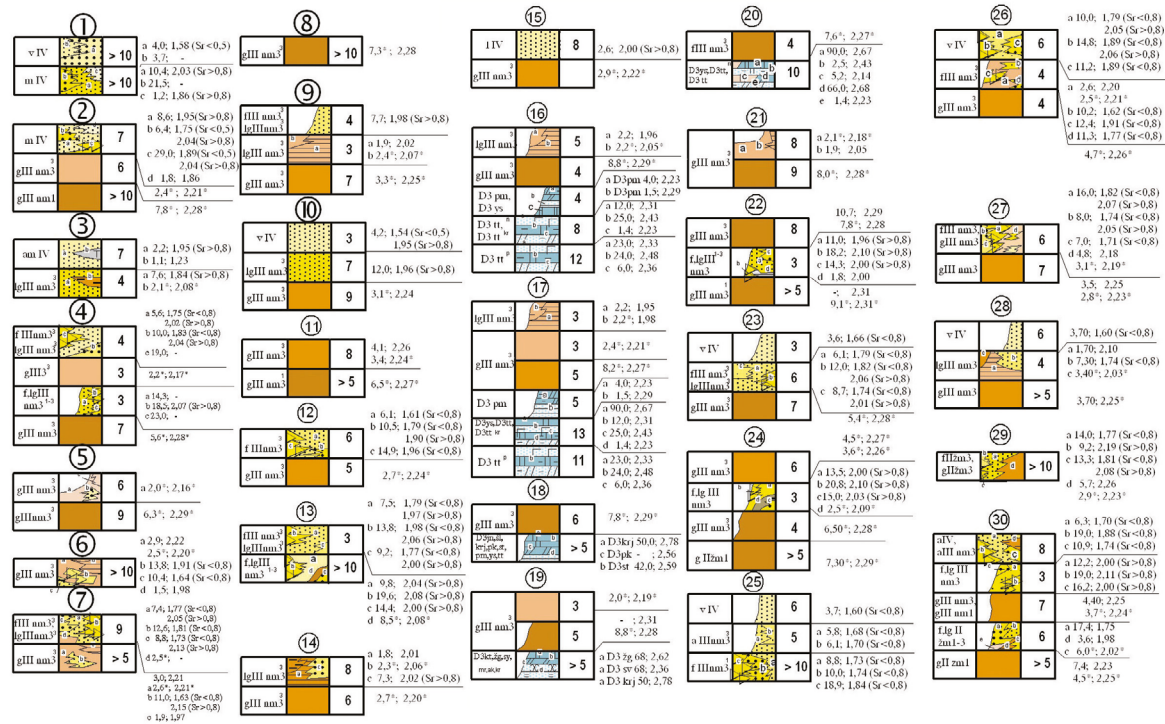
Šalia kolonėlės – gruntų tipų fizikinių mechaninių savybių klasifikacinių rodiklių vidurkinės reikšmės:

pirmas skaičius – klampiams gruntams – deformacijos modulis (MPa)

rišliams ir biriems gruntams – kūginis stipris (MPa), uolienoms – atsparumo gniuždymui riba (MPa);

antras skaičius – gruntų tankis (Mg/m^3); skliaustuose – birių gruntų vandens soties laipsnis.

* priemolių fizikinių mechaninių savybių rodiklių reikšmės



29 pav. (tęsinys).

6 skyrius

IV. DABARTINIAI EGZOGENINIAI GEOLOGINIAI PROCESAI IR REIŠKINIAI

1. SUSIJĘ SU PAVIRŠINIO VANDENS VEIKLA

Jūrų abrazija ir vandens saugyklų krantų performavimas



Intensyvios abrazijos ruožai



Sąnašų akumuliacijos ruožai

Upių erozija



Šoninės erozijos ruožai



Duginė erozija



Intensyviai eroduojami plotai

Griovų erozija



Šlaitai su griovomis

Plokštuminė erozija

2. SUSIJĘ SU PAVIRŠINIO VANDENS VEIKLA



Pelkėjimas. 1,5 – vidutinis durpių storis, m

3. SUSIJĘ SU POŽEMINIO VANDENS VEIKLA

Karstas



Sukarstėjimas pagal įgriuvų skaičių 1 kv. km

Mažai sukarstėję plotai (mažiau kaip 20)

Vidutiniškai sukarstėję plotai (20–50)

Labai sukarstėję plotai (daugiau 50)

Upių erozija



Sufoziniai cirkai

4. SUSIJĘ SU GRAVITACIJOS JĖGA



Nuošliaužos

5. SUSIJĘ SU VĖJO VEIKLA

6. TECHNOGENINIAI

Landšafto performavimas



Karjerai



Užtvankos

Defliacija



Intensyviai pustomi plotai

V. HIDROGEOLOGINIAI KOMPONENTAI

1. Gruntinio vandens slūgsojimo gylio gradacijos

<2 m; 2–5 m; 5–10; >10 m

2. Gruntinio vandens agresyvumas normalaus skvarbumo betonui



Sulfatinis agresyvumas



Gruntinio vandens, agresyvaus normalaus skvarbumo betonui, paplitimo kontūras

VI. KITI ŽENKLAI



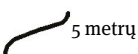
Inžinerinių geologinių rajonų ribos ir jų tipinių pjūvių numeriai

Gruntų tipų ribos

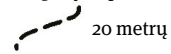


Gruntų grupių ir pogrupių ribos

Kvartero nuogulų izopachitos



5 metrų

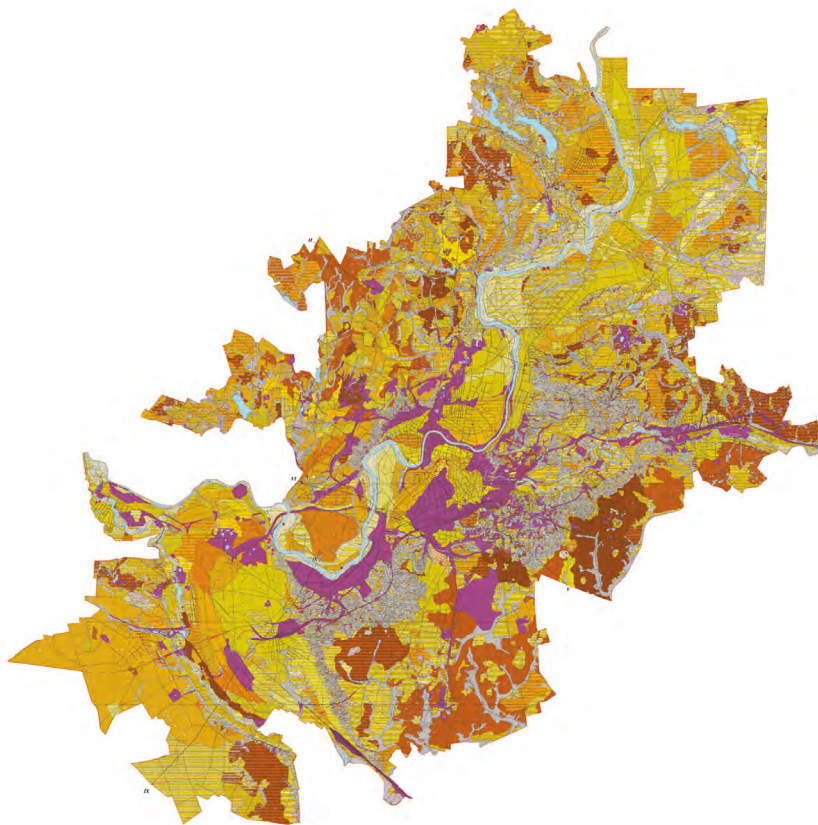


20 metrų



20 metrų

29 pav. (tęsinys).



30 pav. Vilniaus miesto inžinerinis geologinis žemėlapis,
M 1:10 000, 2012 m. (www.lgt.lt).

SUVESTINIS INŽINERINIS GEOLOGINIS PJŪVIS

SISTEMA	SKYRIUS	AUKŠTAS	HORIZONTAS	SVIŤTA	POSVITE	GEOLOGINIS INDEKSAS	PJŪVIS	STORIS, M	TRUMPA CHARAKTERISTIKA	FRAKCIJŲ KIEKIS, %								
										RĪSLIŲ GRUNTŪ								
										>2	2-0,05	0,05-0,005	<0,005					
										>2	BIRIŲ 2-0,25	ORUNTŪ 0,25-0,1	<0,1					
K V A R T E R A S	VĪRŠUTINIS PLEISTOCENAS	NEAĢĒNO			Baltijos	gIIIm ₃	iki 44,9	0,3-12	Durpēs. Ypač spūdzios.									
									aIV	0,5 - 15	Žvyrai ir žvyringi smēliai. Labai stiprūs.	25-77 43, 65	13-87 38, 65	1-27 10, 65	1-24 8, 65			
											Rupūs ir vidutinio rupumo smēliai. Labai stiprūs.	0-24 9, 74	36-96 64, 74	2-46 20, 74	1-22 7, 74			
											Smulkūs ir dulkēti smēliai. Stiprūs.	0-20 2, 102	0,5-47 18, 102	2-90 49, 102	2-96 31, 102			
									viV	iki 68	Vidutinio rupumo smēliai. Vidutinio stiprumo.	0-8 0,4, 35	51-95 70, 35	4-48 28, 35	0,4-5 1, 35			
											Smulkūs ir dulkēti smēliai. Vidutinio stiprumo.	0-1 0,4, 31	0,5-48 14, 31	44-83 68, 31	1-52 17, 31			
									amIV	2 - 15	2 - 10	Smulkūs ir dulkēti smēliai. Vidutinio stiprumo.	0-1 0,1, 21	2-50 20, 21	24-80 59, 21	3-87 21, 21		
									iiV	2 - 15	2 - 10	Dulkēti smēliai. Vidutinio stiprumo.						
												mIV	2 - 20	Žvyrai ir žvyringi smēliai.				
														Rupūs ir vidutinio rupumo smēliai. Labai stiprūs.	0 - 14 3, 29	14-98 71, 29	2-46 20, 29	1-37 8, 29
														Smulkūs ir dulkēti smēliai. Stiprūs.	0 - 3 0,4, 31	1-45 19, 31	51-91 74, 31	1-28 7, 31
									aIIIm ₃	1 - 18	iki 68	Žvyrai ir žvyringi smēliai. Labai stiprūs.	25-92 48, 45	5-71 43, 45	1-29 5, 45	1-22 4, 45		
												Rupūs ir vidutinio rupumo smēliai. Labai stiprūs.	0-25 9, 90	31-96 68, 90	1-87 18, 90	0,4-32 5, 90		
												Smulkūs ir dulkēti smēliai. Stiprūs.	0-15 1, 55	1-54 22, 55	2-85 52, 55	1-95 24, 55		
									gIIIm ₃	2 - 18	iki 68	Smulkūs ir dulkēti smēliai. Stiprūs.	0-12 1, 43	0-43 13, 43	2-76 42, 43	0-98 44, 43		
												Priemēliai. Labai stiprūs.	0-2 0,4, 15	43-85 74, 15	1-48 18, 15	4-9 6, 15		
												Priemēliai. Vidutinio stiprumo.	0-8 1, 30	2-53 25, 30	25-76 50, 30	15-37 24, 30		
									mIIIm ₃	iki 40	iki 68	Žvyrai ir žvyringi smēliai. Labai stiprūs.	26-77 41, 42	14-96 40, 42	1-15 7, 42	1-28 12, 42		
												Rupūs ir vidutinio rupumo smēliai. Stiprūs.	0-24 7, 77	39-86 64, 77	3-46 21, 77	2-28 8, 77		
												Smulkūs ir dulkēti smēliai. Stiprūs.	0-21 1, 106	0,4-49 20, 106	0,2-92 53, 106	1-99,7 28, 106		
												Priemēliai. Stiprūs.	0-35 3, 44	22-96 76, 44	0,5-74 15, 44	3-11 6, 44		
									gIIIm ₃	2-13	iki 68	Priemēliai. Vidutinio stiprumo.						
												Priemēliai. Vidutinio stiprumo.						
												Priemēliai. Labai stiprūs.	1-29 10, 33	37-84 61, 33	7-34 19, 33	4-13 10, 33		
Priemēliai. Labai stiprūs.	1-21 8, 66	33-58 49, 66	13-31 22, 66	14-29 21, 66														
Priemēliai. Stiprūs.	3-13 7, 16	43-71 60, 16	11-42 22, 16	9-14 11, 16														
Priemēliai. Stiprūs.	0-24 6, 41	20-56 45, 41	18-62 24, 41	18-34 25, 41														
Priemēliai. Vidutinio stiprumo.	2-23 8, 12	30-89 72, 12	1-54 13, 12	4-12 6, 12														
Priemēliai. Vidutinio stiprumo.	0-13 4, 46	21-72 45, 46	11-59 26, 46	13-33 28, 46														
Moliai. Vidutinio stiprumo.	0-13 2, 30	2-45 20, 30	19-42 28, 30	34-71 50, 30														
Žvyrai ir žvyringi smēliai. Labai stiprūs.	29-53 38, 22	21-53 37, 22	5-27 13, 22	3-30 11, 22														
mIIIm ₃	iki 40	iki 68	Rupūs ir vidutinio rupumo smēliai. Labai stiprūs.	0,2-24 12, 23	33-80 55, 23	9-41 23, 23	4-22 10, 23											
			Smulkūs ir dulkēti smēliai. Labai stiprūs.	0-14 2, 62	0,1-49 20, 62	1-83 46, 62	6-98 32, 62											

GRUNTŲ GRANULINĖS SUDĖTIES, FIZIKINIŲ IR MECHANINIŲ SAVYBIŲ RODIKLIAI												
GAMTINIS	DRĖGNIS, %		PLASTINGUMO RODIKLIS, %	TAKUMO RODIKLIS	DALELIŲ MASĖS TANKIS, MG/M ³	GAMTINIS MASĖS TANKIS, MG/M ³	PORINGUMO KOEFICIENTAS	VIDINIS TRINTIES KAMPAS, LAIPSN.	SANKĖIRA, KPa	GNIUZDOMASIS STIPRIUMAS, MPa	KŪGINIS STIPRIUMAS, MPa	DEFORMACIJŲ MODULIS, MPa
	TAKUMO	PLASTINGUMO										
114-861 401,20					1,38-1,83 1,57, 21	0,86-1,32 1,08-34	2,83-13,84 7,52, 16				0,2-1,0 0,40, 28/43	0,4
2,6-12,6 5,8(2,4)68					2,68-2,69 2,68, 2	1,48-2,19 1,88(0,135)69	0,3-0,89 0,51(0,12)68				2,4-40,3 19,6(12,22)37	54
1,1-11,6 4,2(2,3)31					2,65-2,68 2,68(0,01)19	1,51-1,98 1,74(0,13)32	0,41-0,78 0,59(0,10)31	27-34 30, 7	0,7-17 7, 7		3,4-25,6 11,7(8,74)34	45
0,6-12,6 6,7(2,9)45					2,63-2,67 2,65(0,01)48	1,44-1,97 1,70(0,12)45	0,5-0,97 0,66(0,1)45				1-16,5 6,4(3,44)65	29
4,7-7,9 5,3(0,8)30						1,38-1,77 1,58(0,1)31	0,59-1,00 0,78(0,1)30				1,8-12,0 4,6(2,5)42	23
2,0-20,8 7,2(5,3)39					2,62-2,67 2,64(0,02)10	1,48-1,91 1,62(0,138)38	0,58-0,89 0,78(0,09)39	17-40 32(5,2)11	0-56 24(11)11		0,5-8,5 4,0(2,06)44	21
21,5-38,0 26,2(3,4)35						1,73-2,09 1,95(0,07)35	0,59-1,13 0,73(0,1)35				1-4,4 2,3(1,01)43	14
20-30 24,1(3,6)13						1,82-2,10 2,0(0,08)413	0,52-0,75 0,65(0,07)13				0,4-4,6 2,6(1,29)14	15
3,8-8,8 5,7(1,4)46						1,69-2,08 1,89(0,096)46						
8,5-9,8 8,6, 8 18-28 24(2,3)80						1,78-2,04 1,86, 6 1,93-2,15 2,04(0,047)80	0,40-0,70 0,61(0,06)86				3,4-32,0 14,7(8,89)45	52
20,7-28,0 24,7(1,7)29						1,95-2,13 2,04(0,041)29	0,54-0,69 0,63(0,04)29				3,7-19,0 9,8(3,75)33	39
17,0-96,0 40,3(13,5)77						1,09-2,02 1,60(0,26)77	0,70-2,74 1,35(0,58)77				0,7-2,0 1,30, 41)30	9
91,5-161 22(19,2)24	42-98 74(20,7)11	13-72 50(16,1)11	15-28 21(5,1)11	1,77-4,0 2,7(0,79)12	2,31-2,85 2,81(0,09)13	1,23-1,54 1,33(0,076)32	2,45-3,87 3,04(0,38)22	18(4)24	16(6,2)24			
2,9-6,6 4,7(0,9)60					2,98-2,99 2,88(0,008)13	1,83-2,13 1,88(0,12)63	0,3-0,7 0,49(0,1)61				5,5-42,7 18,9(8,39)35	63
1,9-10,8 4,7(1,4)81					2,64-2,70 2,68(0,013)22	1,50-2,03 1,74(0,1)83	0,43-0,82 0,61(0,09)81	30-42 34, 7	0-53 23, 7		4,8-24,1 10,4(4,5)84	41
0,6-14,1 5,7(2,9)51					2,63-2,69 2,68(0,018)14	1,46-1,96 1,70(0,13)52	0,45-0,95 0,68(0,12)51				1,0-15,2 6,3(3,03)55	29
4,8-18,0 12,1(4,1)18 17-28 21,8(2,5)77					2,61-2,67 2,65(0,02)7	1,65-2,03 1,85(0,11)17 1,79-2,09 2,00(0,07)8	0,44-0,87 0,61(0,07)83				1,0-17,0 8,7(3,95)78	36
8,8-25,0 19,4(4,0)31					2,64-2,69 2,67(0,02)12	1,77-2,19 1,97(0,10)31	0,39-0,80 0,62(0,1)31	13-36 28(9,5)7	3-83 34(14)7		1,5-12,3 5,4(2,8)34	27
10,5-30,4 20,1(4,2)85	18,7-39,2 27,7(4,9)85	9,4-22,2 15,2(3,0)85	7,1-17,0 12,5(2,9)85	0,03-0,85 0,49(0,18)85	2,68-2,80 2,73(0,02)85	1,87-2,19 2,05(0,06)85	0,43-0,82 0,60(0,09)85	6-35 21(4,2)32	3-77 32(9,1)32		0,6-3,8 1,6(0,7)29	14
12,9-35,1 28,1(8,4)123	32,0-50,9 41,7(4,3)74	13,3-26,6 20,4(2,4)74	17,1-28,8 21,2(2,8)74	0,01-0,75 0,40(18,6)74	2,71-2,80 2,75(0,02)74	1,81-2,10 1,97(0,06)123	0,48-0,98 0,75(0,12)123	7-31 19(2,2)95	3-97 36(4,7)55		0,10-4,0 1,8(0,77)94	10
2,0-12,8 6,2(2,8)23 14,4-30,9 22,8(5,0)29 18-30 7,1(4,0)45 13,8-30,2 22,0(5,9)31						1,58-2,13 1,87(0,148)23 1,88-2,19 2,05(0,066)28	0,34-0,79 0,54(0,12)49				9,8-3,0 16,2(8,89)60	56
1,1-10,3 7,1(4,0)45 13,8-30,2 22,0(5,9)31					2,65-2,67 2,68(0,008)9	1,48-1,98 1,73-2,11 2,07(0,06)31	0,41-0,89 0,65(0,1)174	30-36 33(2,4)13	7-30 12(5,3)13		4,9-15,0 9,1(3,06)60	37
0,7-19,3 7,3(2,3)88 15,8-28,3 22,8(2,9)87					2,62-2,69 2,69(0,017)27	1,54-1,89 1,89(0,148)88 1,88-2,14 1,98(0,04)81	0,49-0,9 0,68(0,9)119	28-40 33(4,2)11	7-47 20(9,2)11		3-14,0 6,7(2,35)63	30
3,1-25,7 13,8(5,3)35					2,64-2,69 2,67(0,02)18	1,57-2,17 1,91(0,17)30	0,37-0,88 0,60(0,14)30	22-33 28, 5	13-63 38, 5		0,3-9,2 4,0(3,07)12	20
12,4(1,9)28	16,5(1,2)30	10,9(1,3)30	5,6(0,6)30	0,28(0,26)30	2,72(0,01)25	2,23(0,07)17	0,37(0,06)17					
10,1-18,8 14,1(1,9)62	16,3-26,5 20,8(2,4)58	6,8-13,4 10,8(1,1)58	7,1-13,1 9,8(1,5)58	0,89-0,61 0,34(0,123)58	2,69-2,74 2,71(0,01)62	2,06-2,29 2,20(0,05)62	0,32-0,54 0,41(0,05)62	21-33 30(2,2)26	3-90 30(4,8)26		0,6-5,0 2,1(1,04)31	23
5,5-12,9 8,9(1,9)60	13,1-18,8 16,9(1,0)62	6,5-12,3 9,5(1,0)62	4,8-7,0 6,4(0,6)62	-0,65-0,59 0,10(0,286)62	2,65-2,73 2,70(0,02)63	2,17-2,40 2,28(0,04)80	0,19-0,36 0,28(0,04)80	13-32 26(6,0)15	37-130 99(19)15		3-20 10,7(4,56)32	86
5,7-15,0 9,8(1,7)89	1,57-20,8 7,7(0,1)49	7,4-11,6 8,0(0,8)14,9	7,1-10,1 8,1(0,7)149	-0,47-0,45 0,005(0,192)149	2,68-2,73 2,71(0,01)86	2,19-2,38 2,28(0,04)190	0,22-0,39 0,30(0,03)172	11-42 27(3,2)69	23-240 73(6,9)69		3-16 7,8(3,03)111	66
7,3-15,5 11,3(1,6)57	14,9-18,4 16,1(0,8)32	8,1-12,1 9,7(1,0)32	4,9-7,0 6,4(0,5)32	-0,30-0,68 0,16(0,211)32	2,68-2,72 2,70(0,01)34	2,17-2,34 2,25(0,04)57	0,23-0,43 0,33(0,04)51	19-40 32(3,3)30	8-127 44(7,2)30		1,4-6,0 3,1(1,2)53	30
8,0-18,8 11,9(2,1)175	14,6-24,9 18,7(2,3)90	7,5-13,7 10,0(1,2)90	7,1-13,1 8,0(1,2)90	-0,173-0,67 0,24(0,168)90	2,68-2,73 2,71(0,01)89	2,14-2,36 2,25(0,04)175	0,26-0,48 0,35(0,04)135	12-39 44(5,3)58	7-127 44(5,3)58		0,6-7,8 3,2(1,52)111	31
10-16,2 12,3(1,4)74	12,3-18,3 15,4(1,4)26	8,0-11,7 9,5(0,9)26	3,3-7,0 5,9(1,1)26	0,13-0,84 0,38(0,174)26	2,65-2,72 2,69(0,02)31	2,1-2,3 2,22(0,05)74	0,28-0,47 0,36(0,04)74	23-37 33(2,6)18	7-73 34(5,6)18		0,8-8,7 2,9(1,9)49	29
9,0-19,0 13,3(2)194	15,5-28,8 19,3(2,7)89	7,7-14,9 10,4(1,6)89	7,1-13,3 8,9(1,5)89	0,013-0,75 0,34(0,161)89	2,67-2,75 2,71(0,02)97	2,07-2,29 2,20(0,04)194	0,32-0,51 0,39(0,04)194	7-41 27(2,8)49	3-83 42(8,1)49		0,3-6,4 2,5(1,3)66	26
14,0-37,2 23,1(6,3)48	30,1-53,0 40,7(5,5)33	13,0-30,0 20,9(4,7)33	17,1-24,1 19,8(2,2)33	-0,02-0,49 0,28(0,126)29	2,70-2,77 2,74(0,02)33	1,73-2,13 1,98(0,1)48	0,50-1,02 0,7(0,14)48	5-35 16(8,4)18	13-125 49(18,2)18		0,4-2,9 1,5(0,6)29	10
											4,2-32 13,8(7,04)24	50
											2-30 10,4(6,97)53	41

31 pav. Lietuvos teritorijos inžinerinio geologinio žemėlapis M 1: 500 000 suvestinis inžinerinis geologinis pjūvis, 1997 m. (www.lgt.lt).

SUVESTINIS INŽINERINIS GEOLOGINIS PJŪVIS

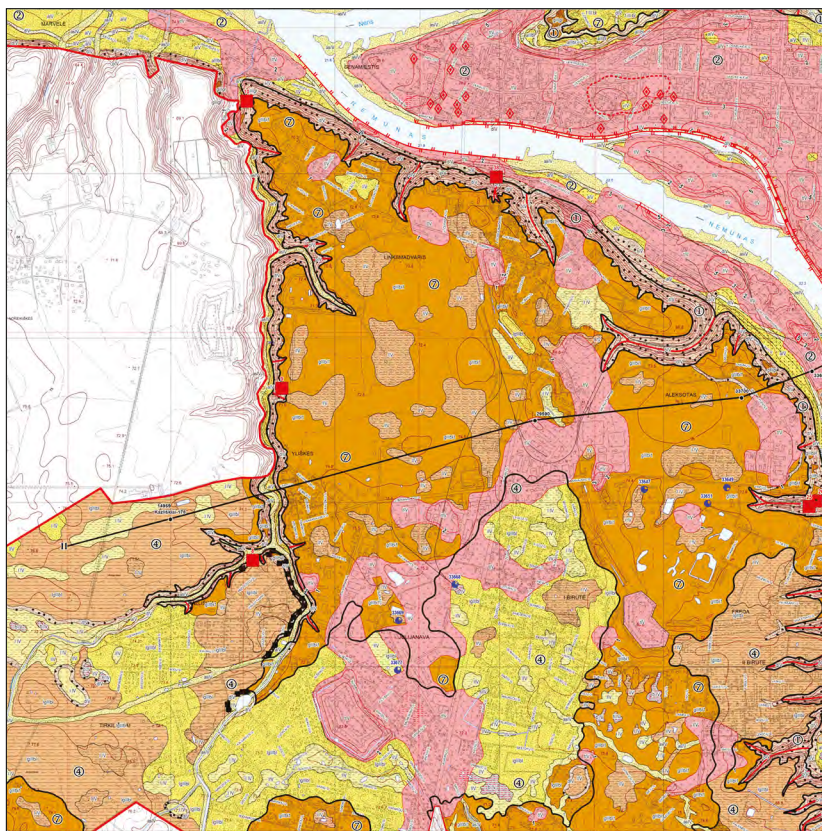
31 pav. (tęsinys).

SISTEMA	SKYRUS	AUKŠTAS	HORIZONTAS	SVITĖ	POSIVTĖ	GEOLOGINIS INDEKSAS	PJŪVIS	STORIS, M	TRUMPA CHARAKTERISTIKA	FRAKCIJŲ KIEKIS, %												
										RĪŠLIŲ GRŪNTŲ												
										>2	2-0,05	0,05-0,005	<0,005									
										>2	2-0,25	0,25-0,1	<0,1									
DEVONAS	VIRŠUTINIS	FRANIS						0,4-24,3	D ₃ ht ^p													
									D ₃ ht ^w													
									D ₃ ht ⁿ	1,7-19,5												
									D ₃ ys	1-7,0												
									D ₃ pm	1,7-14,3												
									D ₃ st	7-13												
									D ₃ pk	6-14												
									VIDURINIS	PLEISTOCENAS							14,3	glllm ₁				
																		*Priemoliai. Labai stiprūs.	1-12	28-69	17-40	13-30
																		**Priemoliai. Labai stiprūs.	6,30	48,30	24,30	22,30
																		Priemoliai. Stiprūs.				
																		Priemoliai. Stiprūs.				
																		*Priemoliai. Vidutinio stiprumo.	0,3-17	22-71	10-59	10-28
																			6,40	55,40	21,40	18,40
																		Priemoliai. Stiprūs.				
																		Priemoliai. Stiprūs.				
																		**Priemoliai. Labai stiprūs.				
																		*Priemoliai. Labai stiprūs.				
																		VIRŠUTINIS	PLEISTOCENAS			
									Moliai. Vidutinio stiprumo.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Smulkūs ir dulķēti smēļi. Stiprūs.													
									Priemoliai. Vidutinio stiprumo.	0,4	1,40	18-51	35-70									
										1,11	15,11	33,11	51,11									
K V A R T E R A S	VIRŠUTINIS							0,2-20,0	f,lglllm ₃													
									Priemoliai. Vidutinio stiprumo.													
									Smulkūs ir dulķēti smēļi. Labai stiprūs.	0-18	0,2-48	12-83	3-87									
										3,39	21,39	50,39	27,39									
									Rupūs ir vidutinio rupumo smēļi. Labai stiprūs.	0,5-24	38-89	4,45	1,17									
										7,38	66,38	18,38	6,38									
									Žvyrai ir zvyringi smēļi. Labai stiprūs.	28-72	18-57	2-23	2-43									
										47,35	38,35	8,35	6,35									
									Smulkūs ir dulķēti smēļi. Stiprūs.	0-24	31-90	2,48	2-30									
										6,54	71,54	18,54	5,54									
									Smulkūs ir dulķēti smēļi. Stiprūs.	0-11	0,3-4,9	28-90	1-69									
										1,34	25,34	58,34	15,34									
DEVONAS	VIDURINIS							iki 40	flllm ₃													
									Žvyrai ir zvyringi smēļi. Stiprūs.	26-86	11-66	1-24	2-13									
										45,29	41,29	9,29	5,29									
									Rupūs ir vidutinio rupumo smēļi. Labai stiprūs.	0-27	32-89	2-52	1-20									
										6,51	84,51	25,51	5,51									
									Smulkūs ir dulķēti smēļi. Labai stiprūs.	0,9	0,3-43	15-82	4-85									
										1,32	15,32	56,32	28,32									
									Priemoliai. Labai stiprūs.													
									Priemoliai. Vidutinio stiprumo.	0,5-15	8-59	24-84	12-28									
										5,21	44,21	35,21	16,21									
									Rupūs ir vidutinio rupumo smēļi. Labai stiprūs.													
									Smulkūs ir dulķēti smēļi. Labai stiprūs.													
Priemoliai. Labai stiprūs.																						
DEVONAS	VIDURINIS							10-25	f,lgllzm ₃													
									Priemoliai. Labai stiprūs.													
									Moliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Labai stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
DEVONAS	VIDURINIS							>40	gllzm ₁													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
									Priemoliai. Stiprūs.													
DEVONAS	VIDURINIS							6-14	D ₃ pk													
									Dolomitiniai mergeliai. Stiprūs.													
									D ₃ st													
									Dolomiti. Stiprūs.													
									D ₃ pm													
									Moliai. Nestiprūs.													
									D ₃ ys													
									Dolomitiniai molingi mergeliai. Vidutinio stiprumo.													
									D ₃ ht ⁿ													
									Dolomiti. Labai stiprūs.													
									D ₃ ht ^w													
									Molingi dolomiti. Stiprūs.													
D ₃ ht ^p																						
Gipsai. Nestiprūs.																						
D ₃ ht ⁿ																						
Dolomitiniai miltai. Silpni.	0-12	3-48	27-69	13-31																		
	4,14	18,14	53,14	25,14																		
D ₃ ht ^w																						
Dolomitiniai mergeliai. Nestiprūs.																						
D ₃ ht ^p																						
Gipsai. Nestiprūs.																						
Molingi dolomiti. Stiprūs.																						
Dedolomiti. Labai stiprūs.																						
Molingi dedolomiti. Stiprūs.																						
Dolomitiniai mergeliai. Vidutinio stiprumo.																						

Sudarė S. Bucevičiūtė. Suvestiniame pjūvyje pateiktos gruntų fizikinių-mechaninių savybių pagrindinių rodiklių statistiškai apibendrintos reikšmės: skaitiklyje – ekstremalios reikšmės; vardiklyje – aritmetinio vidurkio reikšmės; skliaustuose – vidutinio kvadratinio nukrypimo reikšmės.

GRŪNŲ GRANULINĖS SUDĖTIES, FIZIKINIŲ IR MECHANINIŲ SAVYBIŲ RODIKLIAI												
GAMTINIS	DRĖGNIS, %			TAKUMO RODIKLIS	DALELIŲ MASĖS TANKIS, MG/M ³	GAMTINĖS MASĖS TANKIS, MG/M ³	PORINGUMO KOEFICIENTAS	VIDINIS TRINTIES KAMPAS, LAIPSN.	SANKIBA, KPa	GNIUŽDOMASIS STIPRIS, MPa	KOGNIS STIPRIS, MPa	DIFORMACIJŲ MODULIS, MPa
	TAKUMO	PLASTINGUMO	PLASTINGUMO RODIKLIS, %									
17,9-28,8 21,5(3,9)8						2,06-2,17 2,11(0,04)98	0,45-0,66 0,53(0,07)8				11-33,1 18(8,5)19	63
16,2-24,1 2,11(2,4)15						1,83-2,15 1,89(0,07)15	0,44-0,70 0,62(0,06)15				5-24,3 14,2(4,94)30	51
16,2-28,4 21,1(2,6)27						1,92-2,18 2,03(0,07)27	0,43-0,77 0,59(0,09)27				4,5-36,0 13,5(7,54)48	50
7,0-28,9 15,5(5,1)35	20,4-27,4 25,0(2,5)8	10,6-18,1 13,9(2,5)8	8,3-12,6 11,1(1,7)8	0,19-0,57 0,36(0,12)8	2,68-2,72 2,71(0,02)8	1,89-2,19 2,00(0,06)34	0,4-0,71 0,51(0,07)34	14-36 27, 5	10-47 27, 5		0,8-4,9 2,8(1,4)15	18
15,3-33,7 22,4(5,6)22						2,70-2,78 2,74(0,02)10	1,81-2,16 2,0(0,08)22	0,46-0,86 0,68(0,11)22			0,6-3,3 1,8(0,8)32	13
5,1-9,1 6,8(1,1)20						1,63-1,82 1,74(0,05)24	0,54-0,81 0,64(0,08)20				1,8-18,5 7,3(3,8)30	32
11,2-28,0 20,3(4,1)42	17,6-38,8 26,8(4,8)34	6,5-20,0 14,8(2,5)34	7,5-17,0 12,0(2,9)34	0,09-0,92 0,53(0,17)34	2,68-2,77 2,72(0,03)35	1,82-2,15 2,03(0,07)42	0,48-0,78 0,61(0,09)42	10-30 25(5,2)20	3-40 17(11,3)20		0,3-8,0 3,4(2,07)33	21
15,8-38,4 23,2(5,7)35	33,8-40,3 36,1(2,4)11	15,6-19,5 17,4(1,1)11	17,1-22,0 16,7(1,8)11	0,01-0,62 0,41(0,18)11	2,70-2,78 2,78(0,02)18	1,83-2,13 2,01(0,07)35	0,52-1,07 0,68(0,14)35	10-20 15(4,6)8	5-63 27(10)9		0,4-3,0 1,7(0,8)16	11
2,8-12,9 8,7(1,7)94	14,0-28,4 20,7(4,3)16					1,63-2,23 1,83(0,18)64	0,37-0,80 0,55(0,19)64				8,2-31,1 15,9(4,9)44	56
1,8-2,8 1,8(0,2)4	1,8-2,8 1,8(0,2)4					1,74(0,01)79 1,81(0,02)23	0,38-0,79 0,52(0,08)102	30-41 34, 4	3-20 8, 4		1,8-25,1 6,0(4,8)54	34
2,8-8,3 5,4(1,5)99						1,57-1,88 1,71(0,08)70	0,43-0,82 0,64(0,08)70	30-38 31(1,8)13	3-30 14(3,9)13		1,5-18,9 7,0(4,1)46	31
9,1-17,0 11,4(2,1)37	13,8-17,0 15,8(1,0)31	6,7-11,6 8,9(0,9)30	5,5-7,0 6,5(0,5)31	0,05-0,47 0,24(0,12)31	2,66-2,71 2,69(0,01)32	2,19-2,30 2,25(0,03)37	0,27-0,43 0,34(0,04)37	8-41 31(8,6)19	3-57 28(14,3)18		1,6-6,1 3,5(1,5)28	33
9,2-16,8 12,1(1,8)65	15,3-27,4 18,6(3,1)45	7,2-14,2 9,8(1,5)45	7,1-13,2 8,8(1,6)45	-0,02-0,80 0,26(0,18)45	2,68-2,74 2,70(0,02)46	2,10-2,33 2,23(0,04)65	0,28-0,48 0,38(0,05)65	18-39 31(3,1)23	7-80 36(8,8)23		1,6-2 2,8(1,9)42	28
8,7-12,3 10,8(1,1)28	15,3-16,5 15,8(0,3)20	6,5-9,5 8,0(0,3)20	6,2-7,0 6,8(0,2)20	0,02-0,37 0,16(0,11)28	2,69-2,70 2,69(0)20	2,03-2,27 2,16(0,09)28	0,29-0,48 0,36(0,05)28				1,5-8,0 4,8(2,1)20	43
8,8-18,2 12,7(2,3)51	15,9-28,2 19,4(3,9)46	6,5-14,9 10,3(1,8)46	7,1-14,8 11(2,3)46	0,0-0,87 0,28(0,19)45	2,67-2,73 2,71(0,01)46	2,06-2,27 2,19(0,05)52	0,30-0,53 0,38(0,05)51	21-39 31(3,5)18	3-53 25(7,6)16		0,3-7,5 3,1(1,9)48	30
6,7-11,4 8,6(1,4)15	14,8-18,0 15,9(0,9)11	8,4-12,0 9,9(1,0)11	6,6-8,4 6,1(0,3)11	-0,6-0,30 -0,15(0,15)11	2,66-2,71 2,69(0,02)15	2,26-2,38 2,31(0,04)15	0,19-0,31 0,28(0,03)15					
7,1-13,6 10,9(1,8)47	14,9-21,5 18,4(1,4)43	7,5-12,2 10,0(0,9)43	7,1-10,7 8,4(1,0)43	-0,41-0,37 -0,02(0,18)43	2,68-2,74 2,71(0,01)44	2,23-2,38 2,31(0,04)47	0,22-0,38 0,29(0,04)47	13-43 33(11,2)16	23-47 76(24)16		3,5-22,0 8,1(4,6)36	74
9,6-15,4 2,1(1,4)27	18,2-25,4 20,7(2,7)25	8,8-13,4 11,3(1,4)25	7,1-13,5 9,3(1,8)25	-0,11-0,47 0,14(0,12)25	2,70-2,72 2,71(0,01)24	2,26-2,34 2,28(0,02)27	0,27-0,40 0,33(0,03)27	23-36 30(3,0)12	3-70 37(8,4)12		3,6-13,5 6,8(2,4)36	56
						1,88(0,06)10	0,43(0,06)10				8,2(3,4)23	38
6,5(2)10						1,8(0,06)11						
							0,57(0,06)110					
8,2(2)44						1,77(0,05)44	0,60(0,03)44					
								23-34 31(2,2)11	7-80 18(4,6)11			
7,8-12,4 10(1,3)31	14,2-16,5 15,5(0,7)31	8,1-9,8 8,9(0,5)31	5,7-7,0 6,5(0,4)31	0,10-0,87 0,23(0,17)31	2,67-2,71 2,69(0,01)31	2,17-2,39 2,26(0,05)31	0,25-0,37 0,31(0,03)31	29-40 35(3,0)12	3-23 26(7,8)12		3,1-7,3 5,7(1,9)13	49
8,8-16,8 11,7(2,0)41	15,8-24,8 18,3(2,4)39	7,3-13,0 9,7(1,1)39	7,1-14,5 8,5(1,5)39	0,0-0,58 0,20(0,13)39	2,68-2,74 2,70(0,01)41	2,10-2,34 2,23(0,06)41	0,29-0,5 0,35(0,06)41	17-41 31(3,9)32	7-65 34(8,3)32		1,7-5 2,8(1,8)37	29
6,1(1,4)20						2,68(0,01)15	1,79(0,04)20	0,62(0,03)20				
7,6(4,1)22						2,68(0,01)22	1,78(0,01)22	0,58(0,07)22				
22(2,0)9	24(1,0)9	15(1,0)9	10, 9	0,21- 9	2,73(0,01)7	2,02(0,04)8	0,71(0,15)8	23, 6	107, 6		6,0; 6,0	42
28(3,1)15	38,4(6,6)15	18,2(3,2)15	18,6(3,6)15	0,47(0,15)9	2,74(0,01)15	1,98(0,07)15	0,78(0,07)15	20, 7	22, 7		3,6; 4,3	25
7,5-12,1 10,3(1,2)11	14-16 15,2(0,6)8	7,5-9,7 8,9(0,8)8	5,4-7,0 6,3(0,5)8	0,18-0,44 0,31(0,08)8	2,68-2,71 2,69(0,01)11	2,12-2,33 2,27(0,04)11	0,25-0,37 0,31(0,03)11	29-40 35(3,0)12	6-58 26(7,8)12		5,8-11,4 7,7(1,9)18	64
6,2-15,1 9,6(2,0)56	16,0-21,8 18,4(1,8)34	8,5-13,1 10,2(1,0)34	7,1-10,4 8,1(0,8)32	-0,74-0,62 0,005(0,28)34	2,67-2,73 2,70(0,01)52	2,19-2,40 2,29(0,06)56	0,20-0,42 0,30(0,05)56	20-43 29(8,2)17	20-202 72(17)17		2-7,8 4,5(1,5)35	
						2,58-2,86 2,76, 11	2,24-2,74 2,58, 11					
						2,63-2,92 2,76, 30	2,35-2,79 2,59, 30				21-91 42, 34	
12,4-17,6 14,4(2)7						2,77-2,88 2,82(0,03)7	2,21-2,38 2,36(0,05)7	0,34-0,50 0,41(0,06)7			0,5-2,3 1,5(0,6)7	
12,6-19,7 16,8, 4						2,73-2,83 2,79, 4	2,17-2,29 2,23, 4	0,34-0,55 0,48, 4			2,8-4,6 3,7, 4	
						2,85-2,95 2,90, 4	2,55-2,72 2,67, 4				65-109 80, 4	
3,8-12,8 8,0(3,0)37						2,73-2,81 2,78(0,02)47	2,29-2,83 2,43(0,11)57	0,11-0,28 0,23(0,06)7			5,3-45,3 24,9(16,3)37	
2,5-3,0 2,8, 2						2,40-2,42 2,41, 2	2,29-2,34 2,31, 3	0,06-0,07 0,06, 2			8,2-14,8 11,7, 3	
10,5-27,8 16,3(4,2)30	18,6-31,6 24,9(3,6)28	10,2-0,7 14,4(2,8)28	7,1-14,2 10,2(2,0)28	-0,19-0,91 0,41(0,20)28	2,62-2,90 2,78(0,09)30	1,92-2,29 2,14(0,09)30	0,36-0,74 0,54(0,11)30	23-41 39(3,0)22	3-53 28(8,3)22		1,7-15,1 5,2(3,6)31	35
7,21,5 15,7(3,7)13						2,73-2,82 2,78(0,02)13	2,11-2,34 2,23(0,07)13	0,3-0,81 0,46(0,07)13			0,3-2,4 1,4(0,7)13	
2,7-3,8 3,2, 5						2,40-2,44 2,42, 5	2,30-2,43 2,32(0,09)17	0,07-0,09 0,08, 5			7,4-34,0 22,6(7,2)17	
4,4-10,8 7,3, 5						2,71-2,84 2,77, 5	2,32-2,59 2,48, 5	0,15-0,29 0,20, 5			12,3-34,3 23,8, 5	
2,5-4,0 3,2, 2						2,83-2,85 2,84, 2	2,64-2,73 2,68, 2	0,07-0,16 0,12, 2			80-71,4 65,7, 2	
2,5-5,8 4,2, 2						2,71-2,77 2,74, 2	2,53-2,58 2,56, 2	0,10-0,16 0,13, 2			20,4-43,6 32,0, 2	
6,3-16,2 12,2, 3						2,76-2,78 2,77, 3	2,25-2,52 2,36, 3	0,17-0,45 0,32, 3			3,0-8,7 5,9, 3	

* Grūdų posvitės pagrindinės morenos nuogulos, slūgsančios žemės paviršiuje.
 ** Grūdų posvitės moreninės nuogulos, slūgsančios po Baltijos posvitės nuogulų danga.



33 pav. Kauno miesto inžinerinio geologinio žemėlapiio fragmentas, M 1:10 000, 2004 m. (www.lgt.lt).

Kaip ir visose civilizuotose šalyse, Lietuvoje kartografavimo darbai yra valstybės prioritetas ir juos vykdo Lietuvos geologijos tarnyba. Nuo 1957 m., įsteigus Geologijos ir gelmių apsaugos valdybą, pradėti sistemingi Lietuvos teritorijos vidutinio ir stambaus mastelio geologinio kartografavimo darbai. Juos vykdant buvo tiriamos ir inžinerinės geologinės teritorijų sąlygos bei sudaromi žemėlapiai, kuriuose pažymimi skirtingų gruntų paplitimo plotai ir inžinerinių geologinių reiškinių (karsto, nuošliaužų ir kt.) vietos. Ypatingas dėmesys skiriamas Šiaurinės Lietuvos karstiniam rajonui, taip pat didžiųjų šalies miestų teritorijoms ir jų aplinkai (8 lentelė).

Pagrindinis inžinerinio geologinio kartografavimo tikslas – ištirti ir topografiniame dokumente pavaizduoti tiriamos teritorijos inžinerines geologines sąlygas, t. y. teritorijos racionalaus panaudojimo ir apsaugos geologines prielaidas, taip pat įvairių statinių statybos ir inžinerinių darbų vykdymo sąlygas. Galutinis inžinerinio geologinio kartografavimo

6 skyrius

8 lentelė. Lietuvos teritorijos inžinerinių geologinių žemėlapių sudarymo chronologinė seka*

Žemėlapių pavadinimas	Autorius	Metai
<i>Statinių pagrindų kokybės principu sudaryti žemėlapiai</i>		
Kauno miesto statybinių plotų rajonavimo žemėlapis (M 1:25 000)	K. Špukas	1947
<i>Formaciniu principu sudaryti žemėlapiai</i>		
Lietuvos TSR ir Rusijos TFSR Kaliningrado srities inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:2500 000)	A. Gudas	1964
Kauno miesto ir apylinkių schematinis inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	V. Ignatavičius	1966
Kauno miesto inžinerinių geologinių sąlygų žemėlapis (M 1:25 000)	V. Riškus	1973
<i>Gruntų inžinerinės geologinės klasifikacijos principu sudaryti žemėlapiai</i>		
Schematinis Vilniaus miesto teritorijos inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:25 000)	R. B. Mikšys	1969
Lietuvos TSR apžvalginis inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:1000 000)	V. Ignatavičius, A. Žiedelis	1969
Šiaurės Lietuvos centrinės dalies schematinis inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:200 000)	V. Ignatavičius	1969
Baltijos jūros dugno (TSRS valstybinės sienos ribose) inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:500 000)	V. Marcinkevičius	1972
Vilniaus apylinkių inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:25 000)	K. Šustikas	1975
Biržų objekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	V. Marcinkevičius	1978
Šešupės objekto ploto (topografinis lapas N-34-XII) inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:200 000)	S. Bucevičiūtė	1978
Pietvakarinės Lietuvos dalies inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:200 000)	S. Bucevičiūtė	1979
Pajūrio ir Žemaitijos vakarinės dalies inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:600 000)	R. B. Mikšys	1979
Lietuvos teritorijos inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:1000 000)	V. Ignatavičius, K. Dundulis, R. B. Mikšys, A. Sabaliauskas	1981
Jiezno objekto ploto (topografinis lapas N-35-XIII Lietuvos ribose) inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:200 000)	S. Bucevičiūtė	1982
Kirdonių objekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	S. Bucevičiūtė	1982
Piniavos objekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	S. Bucevičiūtė	1982
Krekenavos objekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	S. Bucevičiūtė	1983
Noriūnų objekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	S. Bucevičiūtė	1988
Trakų rajono teritorijos inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	K. Dundulis	1989
Papilio objekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	S. Bucevičiūtė	1990
Vilniaus objekto ploto (50 km spinduliu aplink Vilnių) požeminės statybos iki 200 m gylio inžinerinių geologinių sąlygų žemėlapis (M 1:200 000)	S. Bucevičiūtė	1997
Lietuvos teritorijos inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:500 000)	S. Bucevičiūtė, V. Marcinkevičius	1992
Drukšų objekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	S. Bucevičiūtė	1998
Klaipėdos miesto teritorijos inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:25 000)	S. Gadeikis	1998
Šiaulių projekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	V. Račkauskas, S. Bucevičiūtė	1998
Kretingos projekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	S. Bucevičiūtė	1999
Šilutės projekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	S. Bucevičiūtė	2000
Tetirvių projekto ploto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:50 000)	S. Bucevičiūtė	2002
Kauno miesto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:10 000)	S. Bucevičiūtė	2004
Pasvalio miesto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:10 000)	V. Marcinkevičius, R. Guobytė ir kt.	2007
Klaipėdos valstybinio jūrų uosto teritorijos inžinerinis geologinis žemėlapis M 1:5 000 (pietinė dalis)	R. Kanopienė ir kt.	2009
Biržų miesto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:5 000)	V. Marcinkevičius ir kt.	2010
Vilniaus miesto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:10 000)	S. Stankevičiūtė ir kt.	2012
Panevėžio miesto inžinerinis geologinis žemėlapis (M 1:10 000)	S. Švedė ir kt.	2015
Lietuvos teritorijos inžinerinių geologinių sąlygų sudėtingumo skaitmeninis inžinerinis geologinis žemėlapis	S. Stankevičiūtė ir kt.	2024

* Alytaus (2020) ir Utenos (dar tęsiasi) miestams yra parengti tik inžinerinių geologinių duomenų masyvai.

rezultatas – ištirtos teritorijos inžinerinis geologinis žemėlapis ir teritorijos inžinerinių geologinių sąlygų aprašymas, apibūdinimas bei įvertinimas. Kuo tiksliau ir objektyviau žemėlapiuose bus pavaizduotos inžinerinės geologinės sąlygos, tuo didesnę praktinę vertę turės darbų rezultatai.

Žemėlapių sudarymo metodika remiasi gruntų inžinerinės geologinės klasifikacijos principais. Visiems žemėlapiams būdinga gausi faktinė medžiaga ir patikimumas. Jie yra lengvai skaitomi ir suprantami naudotojams. Žemėlapių mastelį labiausiai lemia praktiniai poreikiai – kuo žemėlapijo mastelis stambesnis, tuo didesnė jo praktinė ir mokslinė vertė.

Pabaigos žodis

Inžinerinė geologija – tai ir mokslas, ir praktinė veikla, jungianti geologijos žinias su statybos inžinerija. Jos tyrimų objektas – gamtos ir žmonių inžinerinės veiklos tarpusavio sąveika, kurios rezultatas yra sudėtingiausi ir įspūdingiausi civilizacijos pasiekimai – inžineriniai statiniai.

Renkantis šią sudėtingą geologijos mokslo šaką, tenka susipažinti ne tik su pačia geologija ir jos klasikiniiais mokslais – paleontologija, mineralogija, tektonika, geomorfologija, kvartero geologija, bet ir mokytis gretutinių specializacijų, tokių kaip hidrogeologija, geofizika ar geografija. Studijuojant geologiją įgyjamos papildomos žinios iš fizikos, chemijos, aukštosios matematikos, o vėliau prireikia ir mechanikos, statybos inžinerijos, pamatų bei statinių konstrukcijų ir medžiagų atsparumo žinių.

Vargu ar galima rasti kitą mokslo ir gamybos sritį, kurioje reikėtų suvokti tokią gausybę įvairių žinių ir gebėti jas pritaikyti profesinėje veikloje. Inžinieriai geologai turi gerai pažinti geologinę ir gamtinę aplinką, suprasti statybines pamatų konstrukcijas bei jų projektavimo ir įrengimo būdus.

Požeminė gamtos sfera, susidariusi per šimtus milijonų metų, yra be galo sudėtinga ir įvairi. Jos pažinimas neturi ribų – niekada nežinai, ką rasi po žeme ir kaip tai reikės įvertinti. Be to, reikia gebėti suprasti ir prognozuoti jos pokyčius bei perteikti šias žinias suinteresuotiems asmenims aiškia ir suprantama kalba. Visa tai daro šią sritį be galo įdomią.

Literatūra

1. Clough G. W., Sitar N., Bachus R. C., Rad N. Sh. 1981. Cemented sands under static loading. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, ASCE, vol. 107, iss. 6, p. 799–817.
2. Dundulis K. 1998. A review of sand mechanical behaviour in Lithuania. *In Proceedings of the 8th International Conference of the IAEG, Vancouver, British Columbia, Canada, 21–25 September, 1998*. Vol. 1. Rotterdam: Balkema, p. 603–609.
3. Dundulis K., Gadeikis S., Gadeikytė S. 2000. The classification systems of soils and their correlation. *In Proceedings of the ninth Baltic geotechnical conference „Baltic geotechnics IX 2000“, Pärnu, 10–12 May, 2000*. Tallinn, p. 108–111.

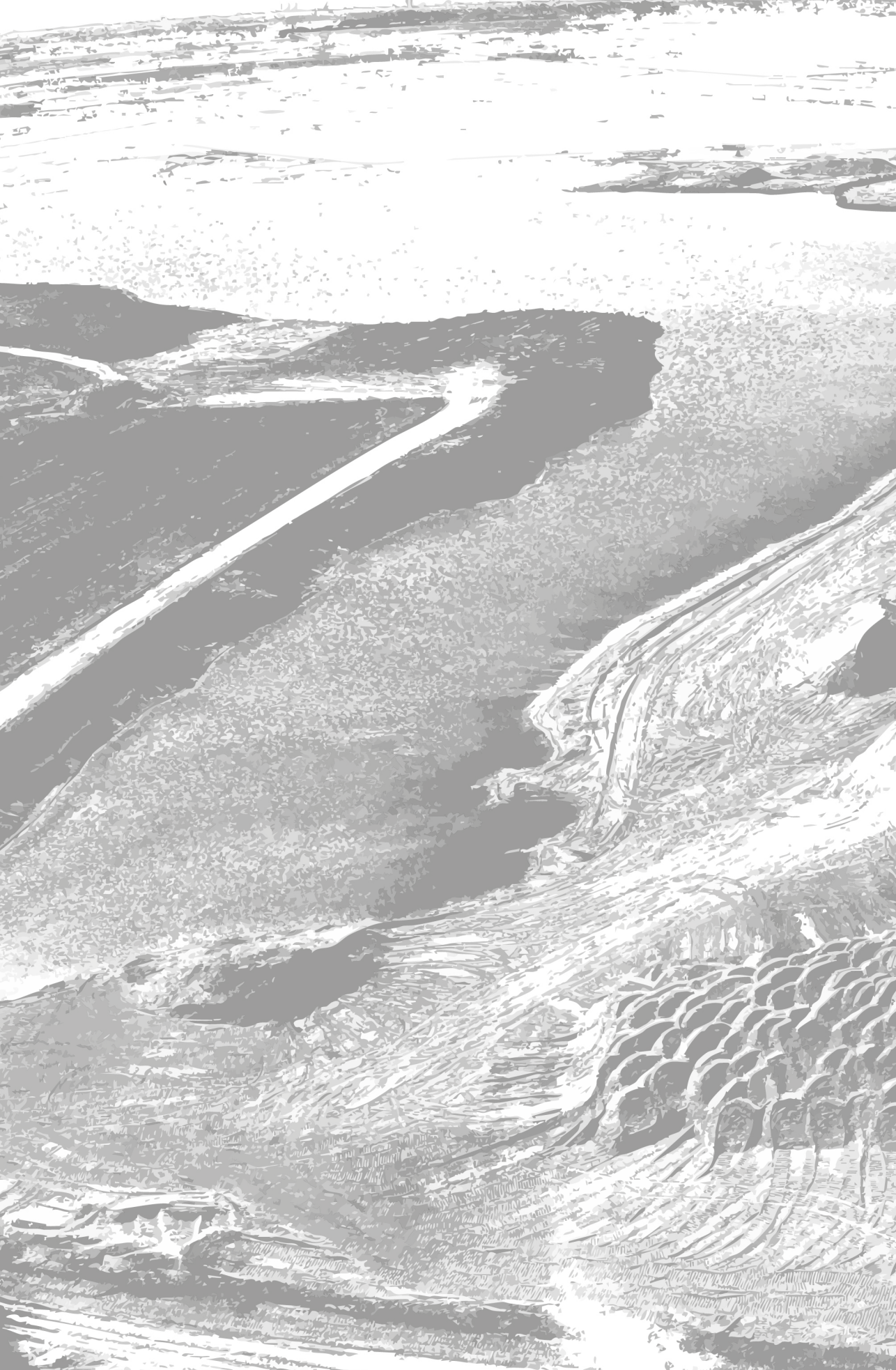
6 skyrius

4. Marcinkevičius V., Mikšys R. B. 2002. Pagirių anhidrito telkinio inžinerinės geologinės sąlygos. *Litosfera*, Nr. 6, p. 82–93.
5. Mikšys R. B. 2004. Ilikvartero sluoksnių uolienu fizikinių ir geomechaninių savybių formavimosi ypatybės. Iš *Lietuvos žemės gelmių raida ir ištekliai*. Vilnius: Petro ofsetas, p. 312–318.
6. Mikšys R. B. 1980. Molingų uolienu stipruminių savybių ir fizinio būvio parametru koreliacijos klausimu. *Geologija*, t. 1, p. 121–125.
7. Nowak B. 1984. O badaniach nad kształtem i charakterem pomierzchni ziarn piaskow oraz ich wplywie na wlasciwosci fizyczne i mechaniczne gruntow sypkich. W *Zeszyty naukowe politechniki Świętokrzkiej*. Seria Budownictwo, 19. Kielce, p. 5–52.
8. Гайгалас А. И., Микшис Р. Б., Гульбинскас С. П., Саткунас И. А. 1986. Микростроение поверхности породообразующих зерен и ее значение при инженерно-геологических исследованиях. *Geologija*, t. 7, p. 89–101.
9. Дундулис К., Микшис Р. 1973. Влияние петрографических особенностей на прочность и деформируемость песчаных пород. *Geografija ir geologija*, t. 10, p. 297–318.
10. Дундулис К. Ю. 1976. *Деформационные свойства песчаных пород района г. Вильнюс*: кандидатская диссертация. Ленинград, p. 112–154.
11. Игнатавичюс В. И., Марцинкявичюс В. И. 1970. Особенности формирования физико-механических свойств верхнеплейстоценовых моренных отложений Средней Литвы. In *Гидрогеологические и инженерно-геологические условия Литовской ССР*. Вильнюс, p. 62–73.
12. Левков Э. А. 1968. Окатанность – важный признак обломочных пород антропогена Белоруссии. In *Литология, геохимия и полезные ископаемые Белоруссии и Прибалтики*. Минск: Наука и техника, p. 308–314.
13. Ломтадзе В. Д. 1955. Изменения состава, структуры, климата и связи глин при уплотнениях и большими нагрузками. *Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского*, т. 12, p. 236–245.
14. Ломтадзе В. Д. 1970. *Инженерная геология. Инженерная петрология*. Ленинград: Недра, 528 p.
15. Ломтадзе В. Д. 1984. *Инженерная геология. Инженерная петрология: учебник для вузов*. 2-е изд. Ленинград: Недра. Ленинградское отделение, 511 p.
16. Марцинкявичюс В. И. 1988. Формирование физико-механических свойств моренных отложений последнего оледенения Средней Литвы: (формирование состава моренных отложений). *Geologija*, t. 9, p. 125–136.
17. Марцинкявичюс В. И. 1990. Формирование физико-механических свойств моренных отложений последнего оледенения Средней Литвы. *Geologija*, t. 1, p. 87–98.
18. Микшис Р. А. 1971. *Инженерно-геологические условия территории города Вильнюса*: кандидатская диссертация. Ленинград, p. 45–60.
19. Осипов В. И. 1984. Природа прочности песков. *Инженерная геология*, № 3, p. 7–19.
20. Сергеев Е. М. (ред.). 1971. *Грунтоведение*. 3-е изд. Москва: Издательство МГУ, 595 p.
21. Шимкус Й., Аликонис А., Сидауга Б. 1979. *Строительные свойства глинистых и песчаных грунтов Литвы*. Vilnius: Mokslas, 100 p.

Fondų darbai

22. Karmazienė, D. 2003. *Kauno miesto geologinės informacijos duomenų bazės sukūrimas: kvartero geologinis žemėlapis M 1:10 000: aiškinamasis raštas*. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba. 125 p. LGT fondas, Nr. 6508.

23. Marcinkevičius V. (ats. vykd.), Guobytė R., Kačinskaitė S., Stankevičiūtė S., Minkevičius V., Vaičiūnas G., Bukauskienė V., Jaroševienė L., Šečkus R. 2007. *Pasvalio miesto teritorijos inžinerinių geologinių sąlygų įvertinimas*. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba. 4 d., 417 p. + 27 žml. + CD: 48 pav. + 5 graf. dok. LGT fondas, Nr. 11288.
24. Marcinkevičius V. (ats. vykd.), Mikulėnas V. (ats. vykd.), Karmazienė D., Bitinas J., Šečkus R., Minkevičius V., Vaičiūnas G., Stankevičiūtė S. 2010. *Biržų miesto teritorijos inžinerinių geologinių sąlygų įvertinimas: M 1:5 000*. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba. 5 d., 657 p. + apl. + CD: 65 pav. + 18 graf. dok. (32 lapai). LGT fondas, Nr. 13679.
25. Mikulėnas V. (ats. vykd.), Bucevičiūtė S., Marcinkevičius V., Paukštė V., Dansevičienė D. 2004. *Kauno miesto geologinės informacijos duomenų bazės sukūrimas*. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba. 4 d., 407 p. + 4 apl. + CD: 51 pav. + 8 graf. dok. (66 lapai). LGT fondas, Nr. 7765.
26. Stankevičiūtė S. (ats. vykd.), Guobytė R. 2012. *Vilniaus miesto inžinerinių geologinių duomenų bazės sukūrimas: ataskaita*. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba. 2 d., 185 p. + apl. + 2 CD: 152 pav. + 6 graf. dok. (9 lapai), 2 žml. LGT fondas, Nr. 17108.
27. Švedė S. (ats. vykd.), Mikulėnas V., Minkevičius V., Jaroševienė L., Bukauskienė V., Jusienė A., Ražinskas V. 2015. *Panevėžio miesto inžinerinių geologinių duomenų bazės sukūrimas*. Vilnius. Lietuvos geologijos tarnyba. 104 p. + 1 apl. + CD: 53 pav. + 11 graf. dok. LGT fondas, Nr. 21185.



7. Gelmių apsauga

ĮVADAS

Dažnai įvairių tarptautinių renginių dalyviai deklaracijomis išreiškia susirūpinimą iškilusiomis aplinkos apsaugos problemomis. Viena jų – Gros Morne'o deklaracija (1994), paskelbta tarptautiniame seminare, skirtame spartiems aplinkos pokyčiams įvertinti (Grigelis, Valiūnas, 1995). Joje atkreipiamas dėmesys į poreikį suprasti ir sušvelninti pramoninės veiklos, ypač naftos ir dujų žvalgybos, poveikį Gros Morne'o nacionalinio parko (Niufundlandas, Kanada) ekologiniam vientisumui ir išskirtinei visuotinei vertei. Deklaracijoje raginama „vyriausybės ir kitas atsakingas institucijas pripažinti fundamentinę gamtinių ir žmogaus sukeltų aplinkos pokyčių, tarp kurių geologiniai procesai vaidina pagrindinį vaidmenį, pažinimo svarbą. Šis pripažinimas yra būtina sąlyga realizuojant tausojančios plėtros principus.“ Įsitikinęs, kad visa tai aktualu ir Lietuvai.

Rengiant leidinį apie krašto žemės gelmių turtus, natūraliai kilo klausimai: kas priklauso **gelmių turtų** kategorijai, kokie pavojai gali jiems grėsti ir kokia įmanoma jų apsauga. Uolienų, mineralų, skysčių vertę lemia jų sudėties ir savybių pritaikymo galimybės visuomenės poreikiams tam tikromis ekonominėmis, socialinėmis, mokslinio pažinimo ir technologinio naudojimo sąlygomis. Iš to išplaukia poreikis numatyti galimus pavojus vieniems ar kitiems ištekliams. Tarp tokių gali būti išteklių eksploatavimo pasekmės gamtinei, urbanizuotai ir socialinei aplinkai, taip pat aplinkos įtaka išteklių gavybai ir kokybei. Todėl visada buvo aktuali naudojamų bei prognozuojamų išteklių ir jų geologinės aplinkos (konteksto) apsauga, kurios pirmieji bruožai fiksuojami valstybės, regiono, rajono ar miesto teritorijų planavimo dokumentuose. Tačiau neretai pažangios technologijos diegiamos pavėluotai ar net nutraukiamas išteklių eksploatavimas.

Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatyme (toliau – ŽGĮ suvestinė redakcija 2023 07 01, str. 2, p. 19) nurodoma: „Žemės gelmių apsauga – veiksmai ir priemonės, kurių tikslas – apsaugoti žemės gelmių vertingąsias savybes nuo fizinio, cheminio, biologinio ar kitokio neigiamo poveikio,

atsirandančio dėl gamtinių procesų ar žmonių veiklos, visiškai ar iš dalies atkurti tas savybes, taip pat racionaliai ir tvariai naudoti žemės gelmių išteklius.“ Tokia prasme žemės gelmių apsauga ir traktuojama šiame skyriuje.

Istorijos šaltiniai rodo, kad susirūpinimas kraštovaizdžio apsauga jau įvardytas Trečiajame Lietuvos Statute (1588), kuriame užsimenama apie upių apsaugą – draudžiama kasinėti jų krantus, keisti vagą, riboženkliais tapusius stambius akmenis (Linčius, 1994a). Susipažinę su XIX ir XX amžių mokslo visuomenės požiūriu į tuos klausimus matome, kad jų aktualumas didėjo kartu su pastangomis naudoti žemės gelmių turtus. Paminėtini kunigaikščio geologo A. K. Giedraičio profesionalūs pastebėjimai apie užterštus Vingrių šaltinius Vilniuje, kurie paaiškina, kodėl jis inicijavo Poguliankos (dabar greta Savanorių pr. 1) gręžinio gręžimą 1883 metais. A. K. Giedraitis domėjosi apleistame Ventos-Dubysos kanale esančių durpių racionali panaudojimu ir kt. (Гедройц, 1895).

Nepriklausomoje Lietuvoje (1918–1940) gamtos paveldu vienas pirmųjų ėmė rūpintis profesorius T. Ivanauskas, 1921 m. ir vėliau rašęs apie senus drevėtus ažuolus ir kitus vertingus medžius, kurie galėtų būti paskelbti gamtos paminklais. Teigė, kad gamtos paminklais taip pat galėtų būti akmenys, šaltiniai ir kiti objektai, turintys mokslinę, istorinę ir estetinę vertę (Isokas, 1995). Paminėtina ir Vilniaus S. Batoro universiteto gamtinių tarpukariu vykdyta veikla tiriant, saugant ir propaguojant Vilniaus ir jo apylinkių erozinį kalvyną, Šeškinės ozą, didesnius riedulius (Linčius, 1994a).

Pokario metais, ypač išaugus paviršinių naudingųjų iškasenų (durpių, molio, žvyro, klinties ir kt.) kasybai bei požeminio vandens gavybai, vis labiau išryškėjo netvarkingo eksploatavimo pasekmės geologinei aplinkai bei kraštovaizdžiui. 1957 m., pertvarkant TSRS pramonės ir statybos valdymo sistemą, buvo įkurta Geologijos ir gelmių apsaugos valdyba prie Lietuvos TSR Ministrų Tarybos, turėjusi užsiimti ir žemės gelmių apsaugos klausimais (Baltrūnas, 2018). Dar nuo prieškarinio puoselėtas, tačiau tik 1959 m. įsigaliojęs Gamtos apsaugos įstatymas, skatinęs moksliskai, visuomeniskai ir ūkiškai tikslingą gamtos turtų apsaugą ir naudojimą Lietuvoje, atvėrė daugiau galimybių aplinkosauginei veiklai (Linčius, 1994a; 2011).

Geomokslų bendruomenė aktyviai įsitraukė į raginimą saugoti gamtos objektus, kad jie nebūtų sunaikinti arba užteršti. Tais klausimais daug iniciatyvos parodė A. Linčius, V. Narbutas, E. Vodzinskas, A. Kondratas, V. Juodkakis ir kt. Bene aktualiausi buvo požeminio vandens užteršimo ir apsaugos klausimai (Klimas ir kt., 1994). Mokslininkų ir kraštotyrininkų pastangomis iki 1991 m. buvo įteisinti 165 geologijos paminklai (iš jų 6 jau sunaikinti), paskelbti išsamūs jų aprašai (Linčius, 1994a).

Kai kuriose organizacijose (Kompleksinėje geologinėje ekspedicijoje, Geologijos institute ir kt.) susikūrė gamtosaugos būreliai – Lietuvos gamtos apsaugos draugijos grandys. Jų nariai rūpinosi, kad geologiniai darbai, o ypač grėžimas, paliktų kuo mažiau neigiamų padarinių, taip pat jie tyrė, tvarkė ir siūlė įteisinti geologinius gamtos paminklus (Motuza, 2018). Apie galimas grėsmes, ruošiantis eksploatuoti telkinius ar statyti pavojingus pramonės objektus, buvo pranešama (kartais net „už viršininkų nugaros“) tuo metu įsteigtam Gamtos apsaugos komitetui (Motuza, 2018).

TEISINIAI PAGRINDAI

Atkūrus Lietuvos nepriklausomybę, buvo parengtos pirmos būsimų įstatymų redakcijos, kurios vėliau buvo tikslinamos. Šie įstatymai reglamentavo žemės gelmių tyrimus, jų naudojimą ir apsaugą. Žemės gelmių valdymo srityje pagal ŽGĮ 4-ąjį straipsnį (LRŽ, 2023) valstybės institucijų kompetencija padalyta tarp LR Vyriausybės (str. 1, p. 1–5), LR aplinkos ministerijos (str. 2, p. 1–12) ir Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos (str. 3, p. 1–17). 5-ame straipsnyje (p. 1–2) numatyta savivaldybės mero ar jo įgalioto savivaldybės administracijos direktoriaus funkcija kontroliuoti žemės gelmių naudojimą ir jų apsaugą. Šiame įstatyme išsamiai aptariamas žemės gelmių išteklių ir žemės gelmių ertmių naudojimas (str. 14), žemės gelmių ir jų išteklių apsauga (str. 27) bei žemės gelmių stebėseną (str. 28).

LR teritorijų planavimo įstatyme (LRT, 2024) tarp teritorijų planavimo reikšmingų tikslų (str. 3, p. 3, 4) akcentuojama, kad „priklauso sudaryti sąlygas racionaliam šalies gamtinių, žemės gelmių ir energijos išteklių naudojimui ir atkūrimui“, taip pat „numatyti šalies gamtinio ir kultūrinio kraštovaizdžio savitumo, gamtos ir nekilnojamojo kultūros paveldo išsaugojimą, tikslingą naudojimą ir pažinimą, ekologinei pusiausvyrai būtino gamtinio karkaso formavimą“.

LR saugomų teritorijų įstatyme (LRS, 2024) buvo išskirti gamtinių draustinių geologiniai ir geomorfologiniai objektai (str. 8, p. 3), įvardyti geologiniai, geomorfologiniai ir hidrogeologiniai gamtos paveldo objektai (str. 11, p. 3). Veiklos reglamentavimas draustiniuose ir paveldo objektų teritorijose numatytas šio įstatymo 9–12 straipsniuose ir valstybinių parkų nuostatuose. Kai kuriais atvejais (dėl steigimo kriterijų, ribų schemų) šis reglamentavimas patikslinamas aplinkos ministro įsakymuose. Šie teisės aktai apibrėžia Lietuvos geologinės aplinkos naudojimo ir apsaugos reglamentą.

GEOLOGINĖS APLINKOS TYRIMO DARBAI – TERITORIJŲ PLANAVIMUI

Apie tai, kad žemės gelmių tyrimų rezultatai turi būti panaudojami teritorijų planavimui, buvo kalbama jau gana seniai. Jų aktualumą liudija ir faktai apie užstatytus naudingųjų iškasenų telkinius, aplinką teršiančių įmonių kūrimą vandenviečių apsaugos zonose, veikiančių ir rekultivuotų sąvartynų teršiamą požeminį vandenį, stambių energetikos objektų projektavimą šalia tektoninių lūžių (Baltrūnas ir kt., 2011). Lietuvos geologijos tarnyboje ir Geologijos institute pradėti specialūs geologinės aplinkos tyrimai, tačiau šių institucijų naudojama metodika buvo gana skirtinga. Lietuvos geologijos tarnybos parengtos metodikos vykdomiems darbams (Juodkasis, Marcinonis, 2008) esminis skirtumas nuo naudojamos Geologijos institute buvo tas, kad geologinio kartografavimo darbų metu daug dėmesio skiriama technogeniniams taršos židiniams fiksuoti ir kartografuoti, požeminio vandens išteklių dinamikai ir apsaugai, tačiau mažiau domimasi nuosėdinės dangos, ypač kvartero nuogulų storumės, sandaros ypatybėmis. Geologijos instituto vykdytuose darbuose, fondų (archyviniiais) duomenimis, įvardytas reikalavimas, kad, sudarant rajonų ir miestų bendruosius planus, būtų atsižvelgta į duomenis apie žemės gelmes (Valiūnas, 1998; Bagdanavičiūtė, 2007; Baltrūnas ir kt., 2011).

Gelmių apsaugos problema

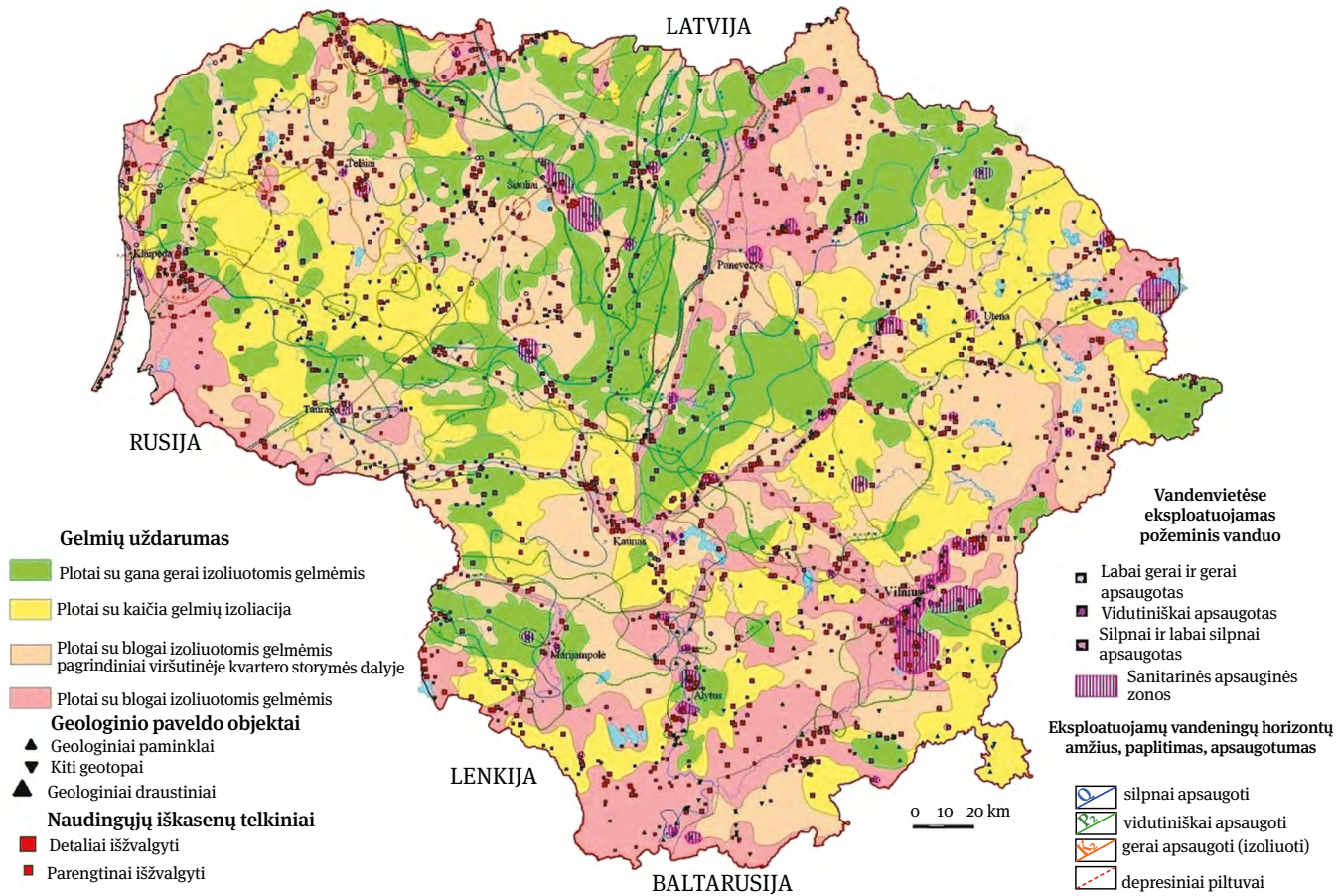
Lietuvos sąlygomis yra labai svarbi kvartero nuogulų storumė, kadangi nuo jos ypatybių (laidumo vandeniui, nuogulų filtracinių savybių) labai priklauso prekvartero vandeningųjų sluoksnių vandens išteklių papildymas iš paviršinių vandens telkinių, taip pat kvartero ir prekvartero vandeningųjų sluoksnių apsauga nuo žemės paviršiaus taršos.

Mūsų turima informacija leidžia išskirti tris sandaros tipus:

- 1) laidžių vandeningųjų smėlio ir žvirgždo sluoksnių vyravimas visoje storumėje (daugiau kaip 75 %);
- 2) šie sluoksniai sudaro 50–75 %;
- 3) vyrauja molingi vandeniui nelaidūs sluoksniai (daugiau kaip 50 %).

Pagal molingų, smėlingų bei žvirgždingų sluoksnių išsidėstymą vertikaliam storumės pjūvyje kiekvienas jo tipas dar skirstomas į 5–6 potipius. Bendrame geologinės aplinkos apsaugos ir panaudojimo ekogeologiniame žemėlapyje išryškėja sudėtingas gelmių izoliacijos (uždarumo) vaizdas (1 pav.) (Šliaupa, Valiūnas, 2004).

Plotai su gerai izoliuotomis gelmėmis paplitę Vidurio Lietuvoje, kur vyrauja molingos kvartero nuogulos. Pietryčių ir Rytų Lietuvoje tokių



1 pav. Lietuvos teritorijos geologinės aplinkos apsaugos ir panaudojimo (ekogeologinis) žemėlapis (M 1:1 000 000). Sudarė I. Bagdanavičiūtė, J. Jonynas, A. Šliaupa, J. Vaitkevičienė, J. Valiūnas (Šliaupa, Valiūnas, 2004).

plotų yra mažiau, čia gelmės blogai apsaugotos nuo galimos taršos iš žemės paviršiaus dėl paplitusių smėlio arba žvirgždo sluoksnių. Šioje teritorijoje kvartero vandeningasis kompleksas yra pagrindinis geriamojo vandens šaltinis.

Nemaži plotai visoje Lietuvoje pasižymi blogai izoliuotomis gėlmėmis – dažniausiai viršutinėje smėlingoje kvartero nuogulų storumės dalyje. Tai lemia blogą dalies šachtinių šulinių vandens kokybę. Išskirti nemaži plotai, kuriuose dėl įvairios kvartero nuogulų sudėties gėlmių izoliacija kinta. Planuojant ar vykdant juose ūkinę veiklą, susijusią su galima tarša, būtina atlikti išsamius geologinius tyrimus. Vertinant gėlmių pažeidžiamumą, taip pat daug dėmesio turi būti skiriama neotektoniškai aktyvioms linijinėms zonoms (Šliaupa, Valiūnas, 2004).

Taigi, remiantis bazine geologine informacija, sudaromas trijų žemėlapių (mastelis 1:50000) kompleksas:

- 1) paviršiaus litomorfogenetinio rajonavimo žemėlapis,
- 2) geopotencialo žemėlapis,
- 3) geologinės aplinkos apsaugos ir panaudojimo (ekogeologinis) žemėlapis.

Tokio žemėlapių komplekto sudarymas 1991–2008 m. apėmė Vilniaus, Varėnos, Šalčininkų, Akmenės, Mažeikių, Joniškio, Ignalinos ir Prienų rajonus bei Vilniaus, Marijampolės, Šiaulių, Alytaus ir Kauno miestus ir jų apylinkes (Baltrūnas ir kt., 2011).

Apibendrinimo keliu

1993 m. Lietuvos geologijos tarnybos užsakymu pradėtas Lietuvos teritorijos geopotencialo ir ekogeologinių sąlygų įvertinimas – buvo sudaromi litomorfogenetinio rajonavimo, geopotencialo, durpynų bei ekogeologinis žemėlapiai (mastelis 1:200 000). 1999 m. juos suskaitmenino Lietuvos geologijos tarnybos specialistai, ir tai leido iki 2010 m. parengti krašto teritorijos tvarkymo bendrą planą masteliu 1:400000 (Baltrūnas ir kt., 2011).

Žemėlapių rengimas ir įgyta geologinės medžiagos panaudojimo patirtis buvo apibendrinta vykdant valstybinę mokslo programą „Litosfera“ (1996–2003) bei rengiant kolektyvinę monografiją „Lietuvos Žemės gėlmių raida ir ištekliai“ (Baltrūnas, 2004). Greta kitų klausimų monografijoje išsamiai aptarta tokia svarbi problema, kaip šalies geologinis potencialas ir jo apsauga, įsigilinant į žemės gėlmių sandarą ir jų pažeidžiamumą, geologinius pavojus, geologinį paveldą bei jo apsaugą (Šliaupa, Valiūnas, 2004; Valiūnas, 2004; Valiūnas, Mikulėnas, 2004), kietųjų naudingųjų iškasenų gavybos poveikį aplinkai (Jonynas ir kt., 2004). Joje aptartas ir hidrogeologinių technogeninių procesų formavimasis, naftos ir geoterminio vandens išteklių eksploatavimas bei jo poveikis aplinkai, aplinkos geocheminis laukas ir jo technogeninė kaita, technogeninio poveikio geologinei aplinkai inžinerinis geologinis įvertinimas (Baltrūnas, 2004).

PROJEKTINĖS VEIKLOS REGLAMENTAVIMAS KAIP PREVENCINĖ PRIEMONĖ

Valstybės ar atskirų jos rajonų (regionų) geopotencialo ir geologinės aplinkos (ekogeologinių) sąlygų vertinimo, sudarant specialius kartografinius modelius (žemėlapius), ir dokumentų rengimo planuojant teritorijas pagrindinis tikslas – remiantis gamtos tyrimų duomenimis, pateikti objektyvų žemės gelmių apsaugos ir panaudojimo galimybių vaizdą, lemiantį esamą ir būsimą ūkinę veiklą. Pavyzdžiui, tokios teritorijos, kuriose žemės gelmės, ypač su vandeniniais sluoksniais, yra paveiktos karstinių procesų, neturėtų būti intensyviai urbanizuojamos, užstatomos aplinką teršiančiomis įmonėmis ar pritaikomos pavojingoms medžiagoms, buitiniams ir pramoniniams atliekoms sandėliuoti ir pan. Tokiose vietovėse tikslinga plėsti miškus, kurti rekreacijos zonas gyventojams, specializuotai agrarinei veiklai.

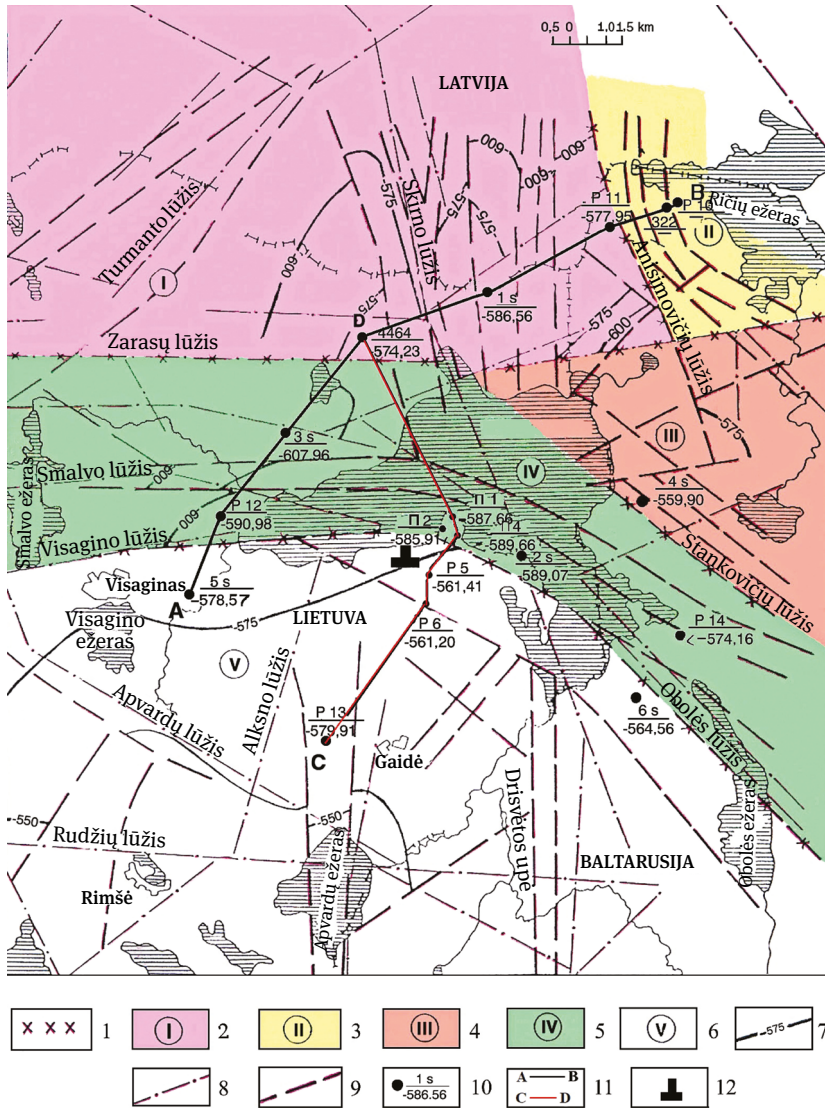
Ir nors egzistuoja faktinė situacija (jau esantys sąvartynai, galvijų kompleksai, karjerai ir pan.) bei didelę ekonominę ar strateginę (gynybinę) reikšmę turintys projektai (pavyzdžiui, oro uostų ar naftos terminalų statyba, giliai esančių naudingųjų iškasenų gavyba ir kt.), modernios inžinerinės (gamybinės, statybinės, aplinkosauginės) technologijos gali reikšmingai sumažinti gelmėms keliamą pavojų. Tokiam planavimui ir moderniam projektavimui reikia patikimų duomenų apie vietovės ir planuojamo objekto geologinę aplinką bei supratimo, kokie duomenys būtini situacijai kontroliuoti ar pagerinti, taip pat įvertinant planuojamo projekto poveikį aplinkai. Todėl svarbu dar studijų metu būsiniams specialistams įdiegti ekosisteminį požiūrį į geologinės aplinkos, ypač požeminio vandens išteklių, ištyrimą, racionalų naudojimą ir apsaugą. Šiuo požiūriu labai vertinga didele patirtimi ir gausiais duomenimis pagrįsta V. Juodkazio ir A. Marcinonio mokymo priemonė „Aplinkos hidrogeologija“ (Juodkasis, Marcinonis, 2008).

Pastarojo 50-mečio įvairių stambių inžinerinių objektų statybos, jų eksploatavimo ir poveikio žemės gelmėms stebėjimų patirtis leido įvertinti padarytas planavimo ir projektavimo, geologinės aplinkos vertinimo klaidas. Neaptarinėsime šiuolaikinių gelmių apsaugos inžinerinių ir technologinių sprendimų, tačiau kai kuriuos reikšmingus geologinius faktus paminėsime toliau.

Ignalinos atominės elektrinės aplinka

Projektas parengtas neatsižvelgiant į galimą vietovės seismingumą, nors buvo žinoma, kad 1908 m. šiame regione įvyko 7 balų stiprumo žemės drebėjimas. Todėl, eksploatuojant elektrinę, papildomai buvo tvirtinama jos pamatai. Numatytas skystų radioaktyviųjų atliekų laidojimas per

gręžinius į vandeningus kambro smiltainius. Tačiau atlikus detalius žemės gelmių geologinės struktūros ir tektonikos tyrimus paaiškėjo, kad

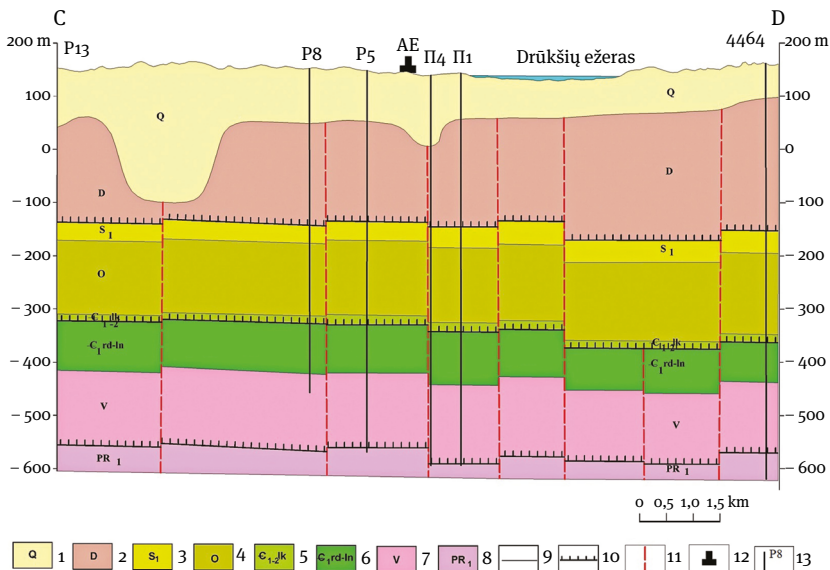


2 pav. Ignalinos AE rajono kristalinio pamato struktūrinė schema:

- 1 – tektoninių struktūrų (bloku) ribos; 2–6 struktūriniai elementai (bloku):
- 2 – Šiaurės Zarasų pakopa, 3 – Anisimovičių grabenas, 4 – Rytų Drukšių pakilimas, 5 – Drukšių grabenas, 6 – Pietų Drukšių pakilimas; 7 – kristalinio pamato paviršiaus stratoizohipsės (abs. a. m); 8 – lūžiai aeromagnetinės nuotraukos duomenimis; 9 – lūžiai seisminės žvalgybos duomenimis;
- 10 – gręžinys: skaitiklyje – gręžinio numeris, vardiklyje – kristalinio pamato paviršiaus absoliutus aukštis (m); 11 – geologinių pjūvių linijos (žr. 3 pav.);
- 12 – Ignalinos AE (Marcinkevičius, Laškovas, 2007).

šioje požeminius vandenis maitinančioje zonoje radioaktyviųjų atliekų laidojimas į giliuosius sluoksnius – neleistinas. Iki šiol radioaktyviosios atliekos saugomos specialiuose konteneriuose paviršinėje saugykloje ir tebesvarstoma alternatyva jas deponuoti šachtinio tipo saugykloje.

Atlikus kompleksinį geologinį-hidrogeologinį ir inžinerinį geologinį kartografavimą nustatyta, kad nuosėdinę dangą kertantys lūžiai yra submeridianinės, subplatuminės, šiaurės vakarų ir šiaurės rytų krypties (2 ir 3 pav.) (Marcinkevičius, Laškovas, 2007). Ryškiausias yra Drūkšių ir Anisimovičių grabenų lūžių serijos. Drūkšių grabenas yra 3–5 km pločio sudėtinga struktūra, sudaryta iš trijų 0,5–1,5 km pločio juostų. Vidurinė grabeno dalis yra iškelta ir sudaro horstą. Drūkšių grabeno lūžiai yra ilgesni nei 20 km. Horstą ribojančių lūžių amplitudės siekia 25–55 m, o grabeną iš šiaurės ir pietų – 10–20 m (Marcinkevičius, Laškovas, 2007).



3 pav. Ignalinos AE rajono geologinis pjūvis C-D: 1 – kvarteras (moreninis priemolis ir pjesmėlis, smėlis, aleuritas, molis); 2 – vidurinis–viršutinis devonas (smėlis, smiltainis, aleurolitas, molis, dolomitas, domeritas, brekčija); 3 – apatinis silūras (domeritas, dolomitas); 4 – ordovikas (klintis, mergelis, smėlis, dolomitas, domeritas); 5 – apatinio–vidurinio kambro Lakajų svita (smėlis, smiltainis, aleuritas); 6 – apatinio kambro Rudaminos ir Lontovo svitos (molis, aleurolitas, smiltainis); 7 – vendas (smiltainis, aleurolitas, argilitas, gravelitas); 8 – apatinis proterozojus (granitogneisas, granitas, amfibolitas, milonitas); 9 – riba tarp geologinių sistemų; 10 – riba tarp struktūrinių kompleksų; 11 – tektoninis lūžis; 12 – Ignalinos AE; 13 – grėžinys (Marcinkevičius, Laškovas, 2007).

Šiaulių geologinė aplinka ir vandenvietės

Seniai žinomos Šiaulių miesto ir apylinkių ekologinės problemos yra siejamos su požeminio vandens stoka ir kokybe, neišspręstais buitinių ir toksinių atliekų klausimais, valymo įrenginių dumblo sandėliavimu bei buvusių sovietinių karinių bazių padariniais aplinkai. Todėl 1992 m. miesto savivaldybė Geologijos institutui užsakė atlikti geologinės aplinkos tyrimus, tarp jų, remiantis fonduose esančia (archyvine) medžiaga, ir papildomus geologinius-hidrogeologinius tyrimus numatomam kompleksiniam geologiniam kartografavimui (mastelis 1:50 000).

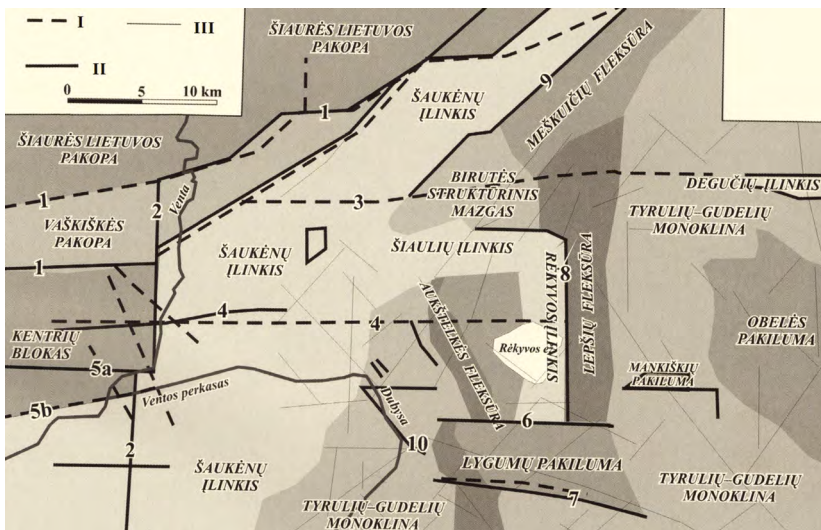
Akcentuoti šie tyrimai:

1) nustatyti kai kurių ežerų (Talšos, Rėkyvos) aplinkos geologinę sandarą, būtiną ežerų hidrodinaminėms sąlygoms įvertinti;

2) išgręžti daugiau gręžinių tolygiai juos išdėstant per visą kvartero storymę;

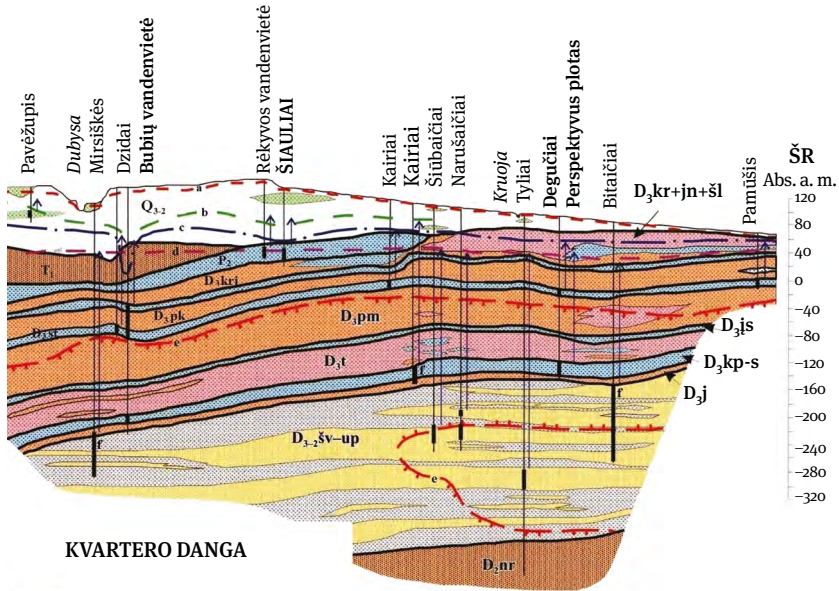
3) spręsti miesto vandenviečių hidrodinaminius klausimus – ištirti jų aplinkos geologinę struktūrą ir neotektoniškai aktyvias linijines zonas, ypač į rytus nuo jų (Šliaupa, 1994; Šliaupa, Valiūnas, 1994).

1994–1996 m. atlikti stambaus mastelio geologinio-hidrogeologinio kartografavimo darbai atskleidė sudėtingą šios vietovės geologinę ir tektoninę sandarą, lemiančią vandeninųjų sluoksnių maitinimą (4 ir 5 pav.).



4 pav. Šiaulių miesto ir apylinkių tektoninis žemėlapis (sudarė S. Šliaupa): I – lūžiai silūro uolienose seisminiais duomenimis, II – lūžiai viršutinio devono uolienose gręžinių duomenimis, III – kristalinio pamato lūžiai gravimetriniais duomenimis. Lūžių numeracija: 1 – Gruzdžių, 2 – Ventos, 3 – Šiaulių, 4 – Jakštaičių, 5a – Šiaurės Kalniškių, 5b – Pietų Kalniškių, 6 – Einoraičių, 7 – Pakapės, 8 – Talšos, 9 – Aukštrakių, 10 – Laiškių (Satkūnas, 2006).

PV



KVARTERO DANGA

- Birių nuogulų gruntiniai ir tarpmoreniniai vandeningieji sluoksniai (įvairus smėlis, žvirgždas)
- Moreniniai vandenspariniai sluoksniai (moreninis priemolis, priemolis)
- Silpnai laidžios karbonatinės ir sugipsėjusios uolienos (gniužtinė klintis, domeritas, dolomitas, gipsas)

PREKVARTERO NUOSĖDINĖ STORMĖ

- Jūros sistemos sporadiški ir Šventosios-Upninkų komplekso (D₃-2šv-up) terigeninių uolienu vandeningieji sluoksniai (smulkus smėlis, silpnai sucementuotas smiltainis)
- Molingos vandensparos ir tarp sluoksniai (molis, tankus aleuritas)
- Karbonatinių uolienu vandeningieji sluoksniai (porėta klintis, kaveringas ir plyšiuotas dolomitas): viršutinis permio (P₂), Kruojos (D₃krj), Stipinų (D₃st), Ištrotatulos (D₃is+t), Kupiškio-Suosos (D₃kp+s) ir kt.
- Molingos-karbonatingos vandensparos (mergelis, masyvi klintis, domeritas): Pakruojos (D₃pk), Pamūšio (D₃pm), Jaros (D₃j) ir kt.
- Regioninės vandensparos (kompaktiškas molis su mergeliu, dolomitingas molis, argilitas)

5 pav. Šiaulių miesto ir jo apylinkių apžvalginis geologinis-hidrogeologinis pjūvis (be tektoninių elementų) (sudarė P. Gedžiūnas): a – gruntinio vandens lygis, b – viršutinio permio pjezometrinis lygis, c – Stipinų pjezometrinis lygis, d – Šventosios-Upninkų pjezometrinis lygis, e – mineralizuoto ir sūroko vandens paplitimo riba, f – gręžinio darbinė dalis (Satkūnas, 2006).

Per visą nuosėdinę stormę susidariusios didesnio uolienu plyšiuotumo zonos yra palankios mineralizuoto požeminio vandens iškrovai į gėlo vandens sluoksnius, o pažeidus natūralų hidrodinaminį režimą galimas ir atvirkštinis procesas – paviršinio vandens infiltracija į požeminius sluoksnius. Miesto vandenvietėms, kur labai pažemintas eksploatuojamų vandeningųjų sluoksnių pjezometrinis lygis (susidaręs depresinis piltavas), gresia užteršto gruntinio vandens patekimas į gilesnius sluoksnius. Tuo

labiau kad vienos miesto vandenvietės aplinka pasižymi bloga gelmių izoliacija. Prastos izoliacijos aplinkoje yra ir buvęs miesto atliekų sąvartynas bei Zoknių aerodromas.

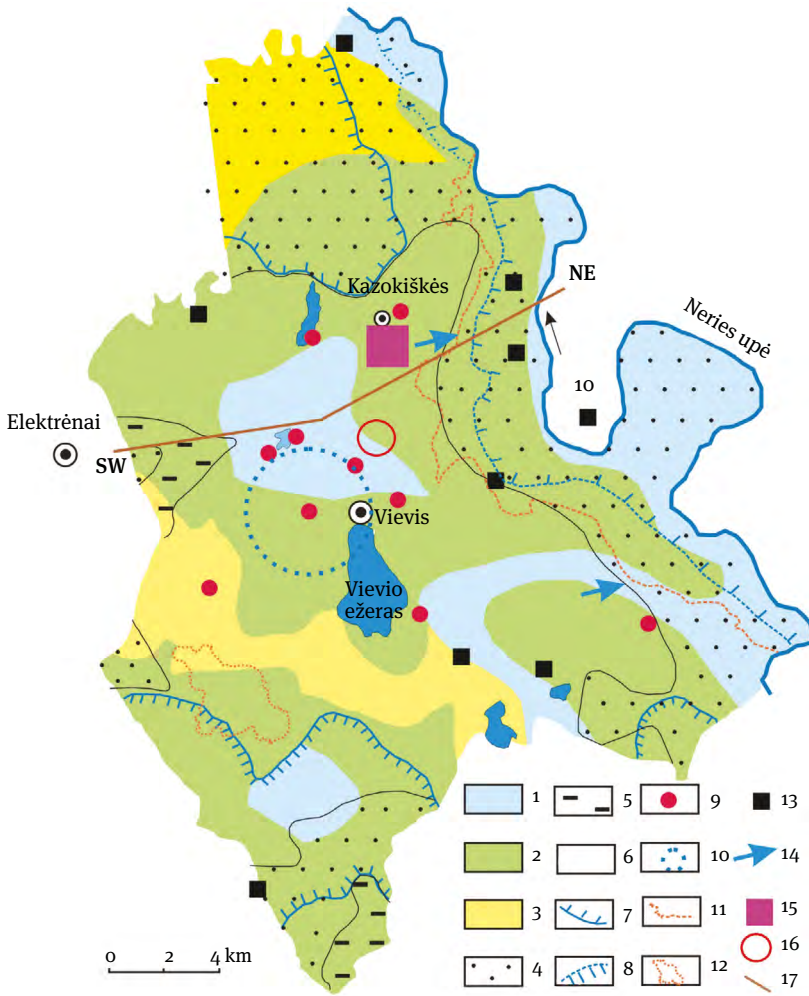
Kazokiškių komunalinių atliekų sąvartynas ir Vievio naftos bazė

1988–1989 m. Elektrėnų šiluminės elektrinės (buvusi Lietuvos VRE) ir kitų objektų aprūpinimui naftos produktais Vievio miestelio šiauriniame pakraštyje, šalia geležinkelio, buvo suprojektuota strategiškai svarbi naftos produktų bazė. Pradėjus žemės darbus ir nukasus 3–5 m storio limnoglacialinio smėlingo molio (priemolio) dangą, atsidengusiame smulkiagrūdyje smėlyje buvo įkasamos naftos produktų talpyklos (rezervuarai). Visuomenininkai nustatė, kad šis smėlio klodas yra kelių dešimčių metrų storio. Šiaurinės Vievio dalies gyventojai šachtiniuose šuliniuose semia vandenį iš šio vandeningojo sluoksnio. Statoma naftos bazė taip pat yra šalia veikiančios Vievio miestelio centralizuotos vandenvietės apsaugos zonos (6 pav.) (Baltrūnas ir kt., 2016; Baltrūnas et al., 2020). Po visuomenės reikalavimu atliktos projekto ekologinės ekspertizės naftos bazės statyba buvo nutraukta.

Panašioje geologinėje aplinkoje yra netoliese esantis Vilniaus apskrities regioninis Kazokiškių komunalinių atliekų sąvartynas. Atliekomis papildžius Karijotiškių buitinių atliekų sąvartyną (Trakų r.), skubiai buvo ieškoma vietos naujam regioniniam sąvartynui. Remiantis Vilniaus ir Trakų rajonuose jau atliktų geologinės aplinkos tyrimų rezultatais, kaip gamtosauginiu požiūriu tinkamiausias pasiūlytas sklypas Maišiagalos seniūnijoje (Vilniaus r.). Šią nuo gyventojų nutolusią vietovę dengia kelių dešimčių metrų storio gelmes gerai izoliuojanti molinga storemė. Tačiau ekonominiai svertai sprendimų priėmėjams pasirodė svarbesni, todėl pasirinktas nenaudojamas Kazokiškių karjeras (dabar Elektrėnų savivaldybė) (6 ir 7 pav.). Išnaudotas žvyro telkinys, esantis valstybinėje žemėje, su išlikusia dar kelininkų įrengta infrastruktūra (vandentiekis, aukštos įtampos elektros linija, asfaltuotas kelias bei netoliese esantys valymo įrenginiai) gerokai atpigino sąvartyno įrengimą.

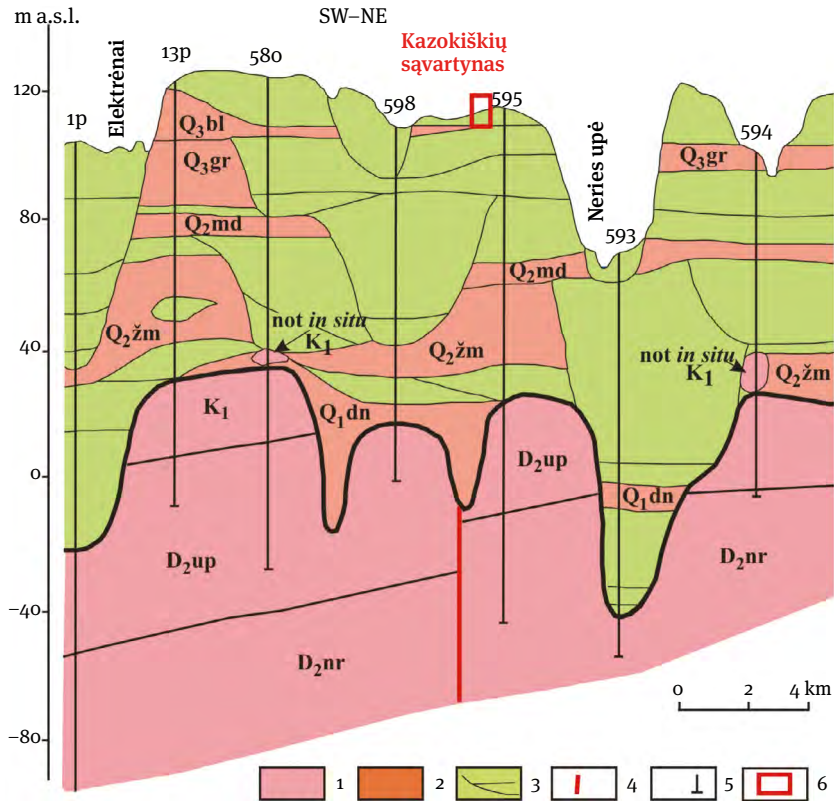
Deja, blogai izoliuotos vandeningos gelmės, gruntinio vandens migravimo kryptis link šalia esančio vaizdingo Neries slėnio su šaltiniuotais šlaitais ir gana didelis vietovės urbanizavimas priverstė mažinti projektuoto kaupo aukštį, daugiau dėmesio skirti sąvartyno pado (dugno) izoliacinės dangos ir patikimos drenažo sistemos įrengimui, deja, šie darbai nebuvo atlikti nepriekaištingai (Baltrūnas ir kt., 2016; Baltrūnas et al., 2020).

Šalia aptartų kelių objektų projektavimo klaidų ir eksploataavimo sąlygų nepaisymo dar reikia paminėti dažną gelmių hidrogeocheminę taršą, patenkančią per netvarkingus, blogai įrengtus ir neprižiūrimus gręžinius.



6 pav. Vievis ir jo apylinkių geologinės aplinkos apsaugos schema:

- 1 – vandeningieji smėlio ir žvyro sluoksniai sudaro daugiau kaip 75 %;
- 2 – vandeningieji smėlio ir žvyro sluoksniai sudaro 50–75 %; 3 – molingi sluoksniai sudaro 50–75 %; 4 – paviršiuje nėra vandensparos; 5 – paviršiuje vandenspara išplitusi sporadiškai; 6 – paviršiuje vandenspara išplitusi ištisai; 7 – plotai, palankūs požeminio vandens mitybai; 8 – požeminio vandens iškrovos zona; 9 – vandenvietė; 10 – Vievis vandenvietės apsaugos zonos (cheminės taršos apribojimo) riba; 11 – Neries regioninio parko riba; 12 – Pipiriškių geomorfologinio draustinio riba; 13 – detaliai išžvalgyti smėlio ir žvyro-smėlio telkiniai; 14 – gruntinio vandens migravimo kryptis; 15 – Kazokiškių sąvartynas; 16 – Vievis naftos bazės statybos vieta; 17 – geologinio pjūvio SW-NE linija (Baltrūnas ir kt., 2016; Šliaupa ir kt., 2016; Baltrūnas et al., 2020).



7 pav. Kazokiškių apylinkių geologinis pjūvis SW-NE: 1 – ikikvarterinių sistemų uolienos (D_{2nr} – vidurinio devono Narvos serijos, D_{2up} – vidurinio devono Upninkų svitos, K_1 – apatinės kreidos); 2 – kvartero sistemos moreninio priemolio ir priemolio kompleksai (Q_{1dn} – Dainavos posvitės, $Q_{2žm}$ – Žemaitijos posvitės, Q_{2md} – Medininkų posvitės, Q_{3gr} – Grūdų posvitės, Q_{3bl} – Baltijos posvitės); 3 – kvartero sistemos neledyninės (nemoreninės) nuogulos (molis, aleuritas, smėlis, žvirgždas, gargždas); 4 – tektoninis lūžis; 5 – gręžinys ir jo numeris; 6 – Kazokiškių sąvartyno vieta (Baltrūnas ir kt., 2016; Šliaupa ir kt., 2016; Baltrūnas et al., 2020).

Iš netolimos aplinkos prasiskverbia naftos produktais, pesticidais, arsenu ir kitomis pavojingomis medžiagomis užterštas gruntinis vanduo.

Būtina priminti ir įvairių katastrofų atvejus, kai, pavyzdžiui, nuvirtus traukinių cisternoms ar apvirtus tanklaiviams, skubiai surinktas naftos produktais išsigėres gruntas vežamas deponuoti į specialiai tam nepritaikytą vietą, dažnai – į artimiausią nenaudojamą žvyro karjerą, kuris vėliau pats tampa taršos židiniu. Didelė atsakomybė tenka kasybos, geologijos ir aplinkosaugos specialistams, kurie, planuodami ir projektuodami kai kurių naudingųjų iškasenų eksploatavimą šachtiniu būdu, susiduria su būtinu vandeningųjų sluoksnių izoliavimu, galimu požeminio vandens pastoviu

išpumpavimu, net pažeminant gruntinio vandens lygį, taip pat sūrymų išpumpavimu ir jo utilizavimu (Juozapavičius, 2013; Armanavičius, 2019).

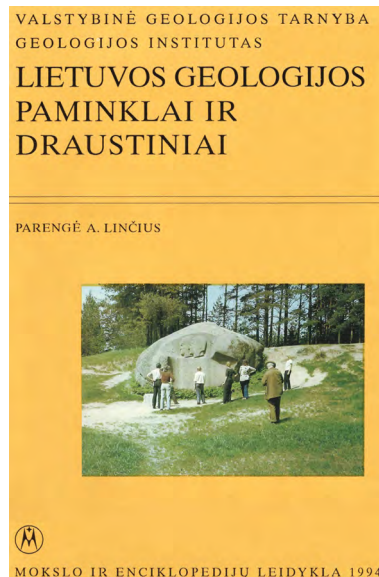
Su panašiomis geologinėmis ir aplinkosauginėmis problemomis susidurta planuojant skalūnų dujų gavybą (Grigelis, 2014), CO₂ dujų deponavimą išnaudotuose naftos telkiniuose (Šliaupa ir kt., 2005; Vaičeliūnas, 2024), problemišku, pavyzdžiui, po Kuršių mariomis esančių, naftos telkinių eksploatavimą (UAB „Minijos nafta“, 2016). Gana dažnai aplinkosaugos problemos gali būti sėkmingai sprendžiamos, tačiau patirties stoka, atsilikusios gavybos technologijos, taip pat viešumo trūkumas ir priešiškas vietos bendruomenių nusistatymas sutrukdo įgyvendinti gelmių naudojimo sumanymus ir projektus. Juos atidėjus ateičiai, kartais atsiranda labiau pagrįsti projektavimo sprendimai, didesnės technologinės ir finansavimo galimybės, kitų šalių naudinga patirtis.

GEOPAVELDAS IR JO APSAUGA

Kas tampa geopaveldo objektu?

Šiuo metu Lietuvoje paveldo objektais laikomi atskiri arba tankias grupes sudarantys gamtos ir kultūros paveldo objektai, kuriems dėl jų vertės teisės aktais nustatytas specialus apsaugos ir naudojimo režimas (*Lietuvos saugomos teritorijos*, 2019). Į gamtos paveldo grupę patenka negyvosios (geopaveldo) ir gyvosios gamtos objektai bei teritorijos. Pagal įteisinimo pobūdį geopaveldo objektai yra valstybės ir savivaldybių saugomi objektai.

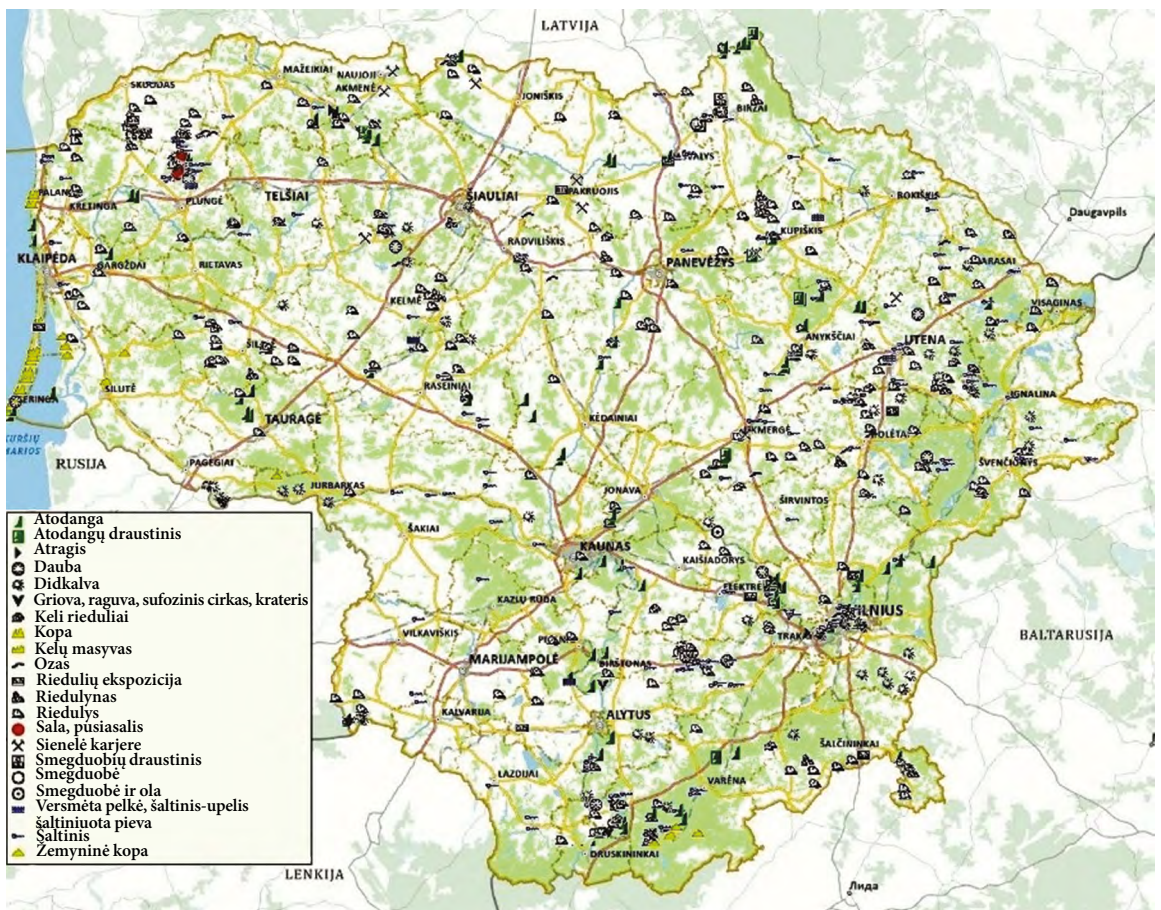
1991–1992 m. A. Linčius atliko Lietuvos draustinių ir geologijos paminklų tyrimo bei inventorizavimo darbus. Jų rezultatas – kartografinis leidinys (mastelis 1:500 000) „Lietuvos geologijos paminklai ir draustiniai“ (Linčius, 1994b) (8 pav.).



8 pav. Iki šiol plačiai naudojamas A. Linčiaus parengtas Lietuvos geopaveldo žemėlapis „Lietuvos geologijos paminklai ir draustiniai“ (Linčius, 1994b).

Geomokslų bendruomenėje dažnai vartojama šiek tiek platesnė „geotopo“ sąvoka apima moksliniu ir pažintiniu požiūriu pripažintus unikalius saugomus ar saugotinus geologinius, geomorfologinius, hidrogeologinius objektus ir jų grupes: reljefo formas, atodangas, riedulius, požeminio vandens versmes, kasinėjimų vietas, ekspozicijas ir pan. Geotopų sąrašą sudaro Lietuvos geologijos tarnyba, kurios svetainėje galima pamatyti ir Lietuvos geotopų žemėlapi (Mikulėnas, 1999) (9 pav.).

LR saugomų teritorijų įstatyme (str. 8, p. 3) prie gamtinių draustinių priskirti **geologiniai** (žemės gelmių struktūrų, tipiškų sluoksnių atodangų, uolienuų ar fosilijų kompleksams saugoti) ir **geomorfologiniai** (tipiškiems ir unikaliems reljefo formų kompleksams saugoti). Negyvosios gamtos



9 pav. Lietuvos geotopų žemėlapis (Lietuvos geotopų žemėlapis, 2025).

paveldo objektams (str. 11, 3 p.) priskiriami **geologiniai** (išskirtinių dydžių rieduliai, uolos, smegduobės ir olos, tipiškos arba unikalios, moksliniu požiūriu vertingos atodangos, fosilijų ir mineralų radimo vietos) (10–20 pav.), **geomorfologiniai** (išskirtinio dydžio ir išvaizdos reljefo formos: kalvos, gūbriai, daubos, raguvos ir kt.) (21–22 pav.), **hidrogeologiniai** (išskirtinio debito ir ypatingų savybių šaltiniai ir versmės) (23–24 pav.) bei **hidrografiniai** (išskirtinių dydžių rėvos, senvagės, salos, kriokliai ir kiti hidrografinio tinklo elementai, kurie straipsnyje nėra iliustruojami). Šiuo metu Lietuvoje yra 273 valstybės saugomi geopaveldo objektai, iš kurių – 130 gamtos paminklų, taip pat 53 savivaldybių saugomi objektai (lentelė).



10 pav. Didžiausias Lietuvoje Puokės akmuo (Skuodo r.). E. Preikšo nuotr.



11 pav. Pašventupio (Puntuko brolio) akmuo su ledyno nugludintu šonu (Anykščių r.).



12 pav. Juros periodo nuogulų atodanga Papilėje (Akmenės r.), 1926 m. J. Dalinkevičiaus nuotr. (*Geologijos akiračiai*, 2012, Nr. 4).



13 pav. Lankytojų patogumui 2006 m. pritaikyta Papilės atodanga. A. Niciaus nuotr. (*Geologijos akiračiai*, 2013, Nr. 2). Šiuo metu visą atodangą dengia velėna.



14 pav. Aukščiausia Lietuvoje (65 m) Pūčkorių atodanga Vilniuje. B. Karmazos nuotr.



15 pav. Netiesų atodangoje (Varėnos r.) atsidengia paskutiniojo tarpledynmečio ežerinės kilmės gitija.



16 pav. Paskutiniojo ledynmečio moreninių nuogulų danga Rokų (Jiesios) atodangoje Kaune.



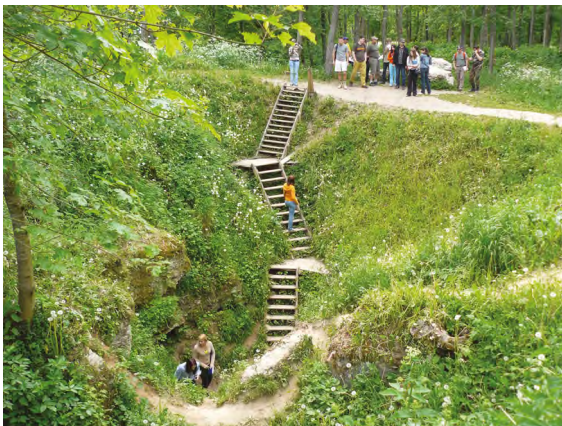
17 pav. Vetygalos atodangoje (Anykščių r.) atsidengia devono ir neogeno sistemų smiltainiai.



18 pav. Velniapilio uola (Biržų r.) – viršutinio devono dolomito ir gipso atodanga.



19 pav. Skalių kalnas (Pasvalio r.) – viršutinio devono Stipinų svitos dolomito uola. G. Mikalausko nuotr. (*Geologijos akiračiai*, 2013, Nr. 2).



20 pav. Karvės ola (Biržų r.) – giliausia (12,6 m) Lietuvoje karstinė įgriuva.



21 pav. Ilgiausias Lietuvoje Žagarės ozas (Joniškio r.).



22 pav. Apvalumu ir gilumu stebinanti glaciokarstinė Velnio duobė (Trakų r.). M. Kaminsko nuotr.



23 pav. Ilgiausias (20 m) karstinės kilmės urvas – Žalsvasis šaltinis Pasvalyje.



24 pav. Kunkuliuojanti požeminio vandens versmė – Ūlos akis (Varėnos r.). M. Kaminsko nuotr.

Lentelė. Geopaveldo objektų skaičius Lietuvoje (Apie gamtos paveldo objektus, 2025)

Geopaveldo objektai	Valstybės saugomi gamtos paveldo objektai	Iš jų gamtos paminklai	Savivaldybių saugomi gamtos paveldo objektai
Geologiniai	179	71	47
Geomorfologiniai	37	28	3
Hidrogeologiniai	44	19	2
Hidrografiniai	23	12	1

Kai kurių geopaveldo objektų priskyrimas vienai ar kitai grupei yra sąlygiškas. Vieni iš jų, ilgai laikyti geologiniais, šiuo metu priskirti geomorfologiniams dėl jų išorinių geomorfologinių ypatybių, nors daugiausia buvo tiriami gręžiant gręžinius, taip pat litologiniais, paleobotaniniais, geochronologiniais ir kitais metodais (pavyzdžiui, Velnio ir Gelionių duobės, Šeškinės ir Žagarės ozai bei kiti).

Ypač vertingi geopaveldo objektai, pasižymintys tautosakos kraičiu (pavyzdžiui, Karalienės liūnas, akmenys – Mokas ir jo sūnus), yra įamžinti menininkų kūryboje (Raigardo slėnis, Puntuko akmuo, Šatrijos kalnas

ir kt.) ar dėl mokslinių tyrimų yra tapę atraminiais ir tarptautiniu mastu žinomais objektais (Papilės, Snaigupėlės, Daumantų, Vetygalos atodangos ir kt.) bei buvo pripažinti reikšmingais geomokslų istorijai ir būsimų gamtotyros specialistų rengimo procesui. Tai – neįkainojama Lietuvos gamtos išteklių informacinė dalis.

Veiklos reglamentavimas

Veiklos reglamentavimas draustiniuose ir geopaveldo objektų aplinkoje numatytas LR saugomų teritorijų įstatyme (str. 9–12) (LRS, 2024). Nemažai draustinių ir gamtos paveldo objektų yra nacionaliniuose ir regioniniuose parkuose, tad jų reglamentavimas yra aptartas konkrečių valstybinių parkų nuostatuose (str. 13, 14). Gamtos paveldo išsaugojimui ir priežiūrai yra reikšmingi pastarųjų metų LR aplinkos ministro įsakymai „Dėl saugomų teritorijų (išskyrus kultūrinius rezervatus (rezervatus-muziejus), kultūrinius draustinius, istorinius valstybinius parkus) steigimo kriterijų patvirtinimo“ (2020 m. gruodžio 3 d. Nr. D1-736) ir „Dėl saugomų gamtos paveldo objektų paskelbimo ir jų ribų schemų patvirtinimo“ (2022 m. birželio 14 d. įsakymas Nr. D1-184) su patvirtintų schemų priedu.

Baigiamosios pastabos

Siekiant įgyvendinti LR žemės gelmių įstatyme suformuluotą nuostatą, kad žemės gelmių apsaugą sudaro „veiksmai ir priemonės, kurių tikslas – apsaugoti žemės gelmių vertingąsias savybes nuo fizinio, cheminio, biologinio ar kitokio neigiamo poveikio, atsirandančio dėl gamtinių procesų ar žmonių veiklos“, būtini geologinės aplinkos tyrimo ir aplinkosauginio įvertinimo darbai, aptarti teritorijų planavimo, konkrečių objektų planavimo ir projektavimo dokumentuose. Tarp tokių darbų yra įvairaus mastelio geologinės aplinkos kartografinių modelių (specialių žemėlapių komplekto) sudarymas. Pateikta medžiaga ir aptartos problemos atitinka vieną iš Nacionalinės darnaus vystymosi strategijos (Nacionalinė darnaus, 2011) prioritetų – gamtos išteklių apsaugą ir valdymą, tarp jų ir geologinių, įskaitant ir reikšmingą krašto gamtos išteklių informacinę dalį – geopaveldą.

Kaip vienas iš šio prioriteto plėtojimo variantų Lietuvoje yra šalies gamtinės aplinkos ir jos išteklių išsaugojimas bei panaudojimas ekstremalių situacijų (diversinių, technogeninių, gamtinių katastrofų ir kt.) atvejais. Tai susiję su dviejų kompleksinių užduočių įgyvendinimu:

- 1) strategiškai reikšmingų išteklių (ypač geriamojo požeminio vandens, statybinių medžiagų ir kt.) išsaugojimas ir su geologine aplinka susijusių pavojingų reiškinių (radioaktyvių, kitų pavojingų cheminių

medžiagų, naftos produktų migracijos ir pan.) masto sumažinimas ir išlaikymas leistinose ribose;

2) svarbu panaudoti uolienas ir jų savybes (pavyzdžiui, kolektorines), taip pat naudingąsias iškasenas bei išnaudotas ertmes (šachtas, karjerus, ištirpintas tuštumas ir t. t.) ekstremalių situacijų prevencijai ir galimų pasekmių sumažinimui. Šių užduočių įgyvendinimas aptartas teisės aktuose ir sietinas tik su konkrečių strategijų, programų bei projektų įgyvendinimu ir investicijų planavimu.

Literatūra

1. Armanavičius A. 2019. Pristatytas pirmasis Lietuvoje anhidrito požeminės kasyklos projektas. *Geologijos akiračiai*, Nr. 1–2, p. 35–36.
2. Bagdanavičiūtė I. 2007. Evaluation of geological environment and its application in spatial planning: summary of doctoral thesis. Vilnius: Vilniaus universitetas. 38 p.
3. Baltrūnas V. 2018. Geologijos tyrimai Lietuvoje okupacijos sąlygomis (1940–1967 m.). *Geologijos akiračiai*, Nr. 4, p. 12–19.
4. Baltrūnas V. (ats. red.). 2004. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai*. Vilnius: Petro ofsetas. 700 p.
5. Baltrūnas V., Karmaza B., Šliaupa A. 2016. Vievio apylinkių paviršius, geologiniai ištekliai ir ekogeologinė situacija. *Geologijos akiračiai*, Nr. 3, p. 13–22.
6. Baltrūnas V., Slavinskienė G., Karmaza B., Pukelytė V. 2020. Effectiveness of a modern landfill liner system in controlling groundwater quality of an open hydrogeological system, SE Lithuania. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol. 28, Iss. 4, p. 174–182.
7. Baltrūnas V., Valiūnas J., Šliaupa A., Bagdanavičiūtė I. 2011. Geologinės aplinkos kartografvimas teritorijų planavimui. *Baltica*, Vol. 24, Spec. Iss., p. 55–60.
8. Grigelis A. (sud.). 2014. *Skalūninių geologinių formacijų genezė ir angliavandenilių gavyba: poveikis aplinkai ir žmonių sveikata*. Vilnius: Lietuvos mokslų akademija. 108 p.
9. Grigelis A., Valiūnas J. 1995. Gros Morne deklaracija. *Geologijos akiračiai*, Nr. 1, p. 88–89.
10. Isokas G. 1995. *Lietuvos gamtos paminklai*. Vilnius: Mintis. 459 p.
11. Jonynas J. 2004. Naudingosios iškasenos. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai*. Vilnius: Petro ofsetas, p. 424–436.
12. Juodkazis V., Marcinonis A. 2008. *Aplinkos hidrogeologija*. Vilnius: De Libris. 460 p.
13. Juozapavičius G. 2013. Lietuvos naudingosios iškasenos, kurių dar nenaudojame. *Statyba ir architektūra*, Nr. 5, p. 24–27.
14. Klimas A., Kondratas A., Mikalauskas V. 1994. Požeminio vandens apsauga. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla, p. 398–403.
15. *Lietuvos saugomos teritorijos*: informacinis leidinys. 2019. Tekstus rengė R. Baškytė, G. Raščius, P. Kavaliauskas, T. Tukačiauskas. Vilnius: Lututė. 327 p.
16. Linčius A. 1994a. Geologijos paminklai ir draustiniai. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla, p. 404–422.
17. Linčius A. 1994b. *Lietuvos geologijos paminklai ir draustiniai*: kartografinis leidinys. M1:500000. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla. 1 lankstinys (16 p.).
18. Linčius A. 2011. Lietuvos geologijos paveldo tyrimai ir išsaugojimas. *Baltica*, Vol. 24, Spec. Iss., p. 65–68.

7 skyrius

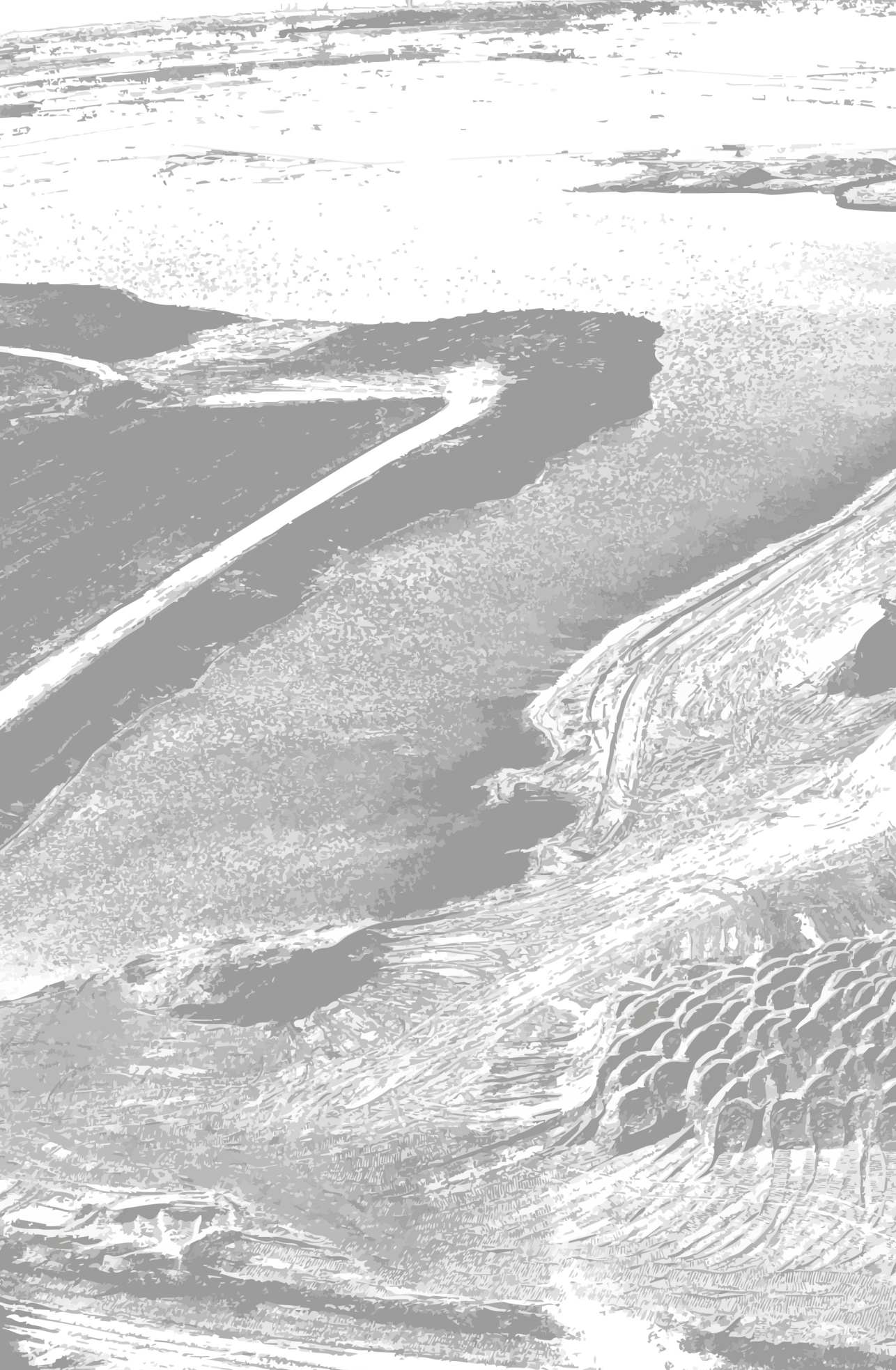
19. Marcinkevičius V., Laškovas J. 2007. Geological structure of the Ignalina Nuclear Power Plant area. *Geologija*, No. 58, p. 16–24.
20. Motuza G. 2018. Geologijos mokslo Lietuvoje aukso amžius (1968–1993). *Geologijos akiračiai*, Nr. 4, p. 20–25.
21. *Nacionalinė darnaus vystymosi strategija*. 2011. Vilnius: Lututė. 100 p.
22. Satkūnas J. (red.). 2006. *Šiaulių krašto geologija*. Utena: Utenos Indra. 135 p.
23. Šliaupa A., Baltrūnas V., Karmaza B. 2016. Vievio apylinkių geologinė sandara ir raida. *Geologijos akiračiai*, Nr. 2, p. 14–23.
24. Šliaupa A., Valiūnas J. 1994. Šiaulių miesto ir jo apylinkių eko-geologinė situacija. *Geologijos akiračiai*, Nr. 3, p. 17–23.
25. Šliaupa A., Valiūnas J. 2004. Žemės gelmių sandara ir pažeidžiamumas. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai*. Vilnius: Petro ofsetas, p. 436–440.
26. Šliaupa S., Satkūnas J., Šliaupienė R. 2005. Anglies dvideginio geologinio laidojimo perspektyvos Lietuvoje. *Geologija*, Nr. 51, p. 19–28.
27. Vaičeliūnas I. 2024. UAB „Minijos nafta“ ir jos patirtis suleidžiant anglies dvideginį į baigiamus naudoti naftos telkinius. *Geologijos akiračiai*, Nr. 1–2, p. 61–66.
28. Valiūnas J. 1998. *Geologinė aplinka ir planavimas*. Vilnius: Geologijos institutas. 119 p.
29. Valiūnas J. 2004. Geologiniai pavojai. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai*. Vilnius: Petro ofsetas, p. 440–447.
30. Valiūnas J., Mikulėnas V. 2004. Geologinis paveldas ir jo apsauga. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai*. Vilnius: Petro ofsetas, p. 447–451.
31. Гедройц А. Э. 1895. Геологическая карта Виленской, Ковенской, Сувалской и Минской губернии. *Материалы для геологии России*. Санкт-Петербург, Т. 17. [334] p.

Fondų darbai

32. *Lietuvos geotopų žemėlapis*. 2025. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. LGT fondas.
33. Mikulėnas V. (ats. vykd.). 1999. *Lietuvos geotopų inventorizacija*. Vilnius. 33 p. Lietuvos geologijos tarnyba. LGT fondas, Nr. 5693.
34. Šliaupa A. (ats. vykd.). 1994. *Ataskaita už mokslinį darbą „Šiaulių miesto ir artimiausių apylinkių (200 km²) eko-geologinio modelio M 1:25000 sudarymas“*: aiškinamasis raštas. Vilnius. 29 p. + 4 grafiniai priedai.
35. UAB „Minijos nafta“ naftos gavyba Gargždų licencinio ploto pietvakarinėje dalyje (Kintų objekte): poveikio aplinkai vertinimo ataskaita. 2016. Klaipėda. 252 p. + priedai.

Internetiniai šaltiniai

36. *Apie gamtos paveldo objektus*. 2025. Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba prie Aplinkos ministerijos, 2025 birželio 23. <https://vstt.lrv.lt/lt/saugomu-teritoriju-sistema/gamtos-paveldo-objektai/apie-gamtos-paveldo-objektus/>
37. LRS. 2024. *Lietuvos Respublikos saugomų teritorijų įstatymo Nr. I-301 pakeitimo įstatymas*, 2023 m. gruodžio 14 d. Nr. XIV-2350. Suvestinė redakcija nuo 2024 07 01. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/c9a863209e6711ee8172b53a675305ab/asr>
38. LRT. 2024. *Lietuvos Respublikos teritorijų planavimo įstatymo Nr. I-1120 1, 2 ir 4 straipsnių pakeitimo įstatymas*, 2024 m. balandžio 23 d. Nr. XIV-2564. <https://www.e-tar.lt/portal/legalAct.html?documentId=c6fc1e7003aa11efbcbfb318996800a8>
39. LRŽ. 2023. *Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatymas*, 1995 m. liepos 5 d. Nr. I-1034. Galiojanti suvestinė redakcija nuo 2023 07 01. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.19879/asr>



8. Gelmėnaudos vaidmuo tvarioje ekonomikoje: gelmėnauda ir darnus vystymasis

Kas yra gelmėnauda?

Šiuolaikinė civilizacija pirmaujančiose šalyse yra suformavusi gausaus vartojimo ir didelių išteklių reikalaujančią visuomenę, kurios ekonominiai poreikiai ir lūkesčiai kasdien auga, o visuomenės individai orientuojasi ne į dvasinius ar socialinius poreikius, bet į materialius dalykus. Tokia visuomenė nebeatsižvelgia į turimus gamtos ar žmonijos išteklius, alina ir pažeidžia aplinką.

Labiausiai ekonomiškai išsivysčiusiose šalyse šie procesai prasidėjo daugiau kaip prieš 150 metų, o akivaizdžios jų pasekmės išryškėjo dar praėjusio amžiaus viduryje. Ir nors Vakarų šalys nuo XX a. 7-ojo dešimtmečio daug padarė, atgaivindamos savo užterštas upes ir ežerus, tvarkydamos pramonės ir kasybos pažeistas teritorijas, švarindamos miestus bei mažindamos oro taršą, vis dėlto tai yra daugiau išoriniai kasdienybėje pastebimi dalykai. O žemės gelmių, vandenynų tarša ir toliau didėja, kaip ir į atmosferą išmetamo CO₂ kiekis. Augo ir grėsmingai tebeauga besivystančių šalių „blogasis“ indėlis į šį procesą.

Šiuolaikinėje išsivysčiusioje visuomenėje beveik niekas neabejoja, kad žmogaus veikla daugiau ar mažiau, tiesiogiai ir netiesiogiai veikia Žemės klimatą. Taip pat teoriškai visi sutinka, kad negalima atimti gamtos išteklių iš ateities kartų, tačiau kasdienėje praktikoje dėl individo ego šie procesai dažnai vyksta atvirkštine tvarka. Kenkimas gamtai ir menkas socialinių vertybių puoselėjimas pasaulyje kelia didelę grėsmę visai žmonijos raidai. Europos Komisijos duomenimis, šiuo metu žmonijos naudojami ištekliai 1,7 karto viršija Žemės išgales (žr. Darni Europa – iki 2030 m.). Todėl pasaulyje formuojasi pažangaus atoveiksmio gamtos ir socialinei rizikai ideologija bei praktika, buriasi aplinkosauginiai ir socialiniai judėjimai, o šalys, kurios anksčiausiai susidūrė su pasekmėmis, bando stabdyti esamą ir būsimą gamtosauginę bei socialinę riziką, keliančią pavojų žmonijos egzistavimui, jos sveikatai ir sociumo kokybei.

Prie to prisideda ir pažangūs pasaulio politikai, ir visuomenininkai, ekonomistai, kultūros žmonės. Praeityje vyravusias technokratinės ekonominio augimo nuostatas ima keisti nulinės arba mažo augimo

visuomenės ir aplinkos santarvės koncepcijos. Nagrinėjami globalios pusiausvyros ir ekologinių sistemų klausimai ir galiausiai suformuluota darnaus vystymosi samprata.

Ne tik Lietuvoje, bet ir visame pasaulyje nėra galutinai aiški **darnaus vystymosi sąvokos** esmė. Mokslinėje literatūroje gausu „darnaus vystymosi“ apibrėžimų (Gedvilaitė, 2019), o tai rodo, kad klasikinis apibrėžimas leidžia įvairiai interpretuoti šį terminą. Dažniausiai vartojamas tiesioginis *sustainable development* (angl.) vertimas „darnus vystymasis“, tačiau kartu su šia sąvoka tiek mokslo darbuose, tiek ir oficialiuose valstybių bei tarptautinių organizacijų dokumentuose vartojamas ir „plėtros“ terminas, kuris reiškia kiekybinį augimą, o tai iš principo prieštarauja *sustainable development* koncepcijai, grindžiamai ne kiekybiniais, o kokybiniais pokyčiais (Žičkienė, Guogis ir kt., 2019).

Čia tenka paminėti, kad ir dėl lietuviškos „darnaus vystymosi“ sąvokos vartojimo nėra galutinio sutarimo. Nors lietuvių kalbos komisija dar 2003 m. patvirtino šią sąvoką, bet ir dabar verda diskusijos, plačiai vartojami ir kiti terminai, tokie kaip „tvarus vystymasis“ ar „tausojanti plėtra“. Kai kurių autorių nuomone, „darnus“ labiau tinka tada, kai siekiama pabrėžti, kad vystymasis yra ne suderintas, o „tvarus“, kai kalbama apie patvarų, nenutrūkstamą vyksmą. Vietoj „vystymosi“ vartojamas ir terminas „plėtra“, kai kalbama apie kiekybinius pokyčius, plėtimąsi, vystymąsi arba norima įvardyti kokybinius pokyčius.

Kadangi šiame skyriuje daugiausia bus kalbama apie jau vykstančius procesus, autorius pasirinko „tvaraus vystymosi“ terminą. Turint visa tai omenyje, autoriui buvo gana sunku apsispręsti, kaip reikėtų vertinti gelmėnaudą iš tvaraus vystymosi pozicijų. Šis klausimas Lietuvoje praktiškai nėra nagrinėtas, nes tiek visuomenėje, tiek tarp mokslininkų yra nusistovėjusi nuomonė, kad gelmių turtų paėmimas beveik be išimčių lemia komplikuotus santykius su gamtosauga, o siaurąja prasme – ir su tvarumu. Tai tartum kažkoks blogis, kurio derėtų kuo greičiau atsisakyti, kai tik bus įmanoma.

Sąvoka **gelmėnaudą**, galima sakyti, yra naujadaras ir kol kas yra vartojama tik kai kurių geologijos specialistų kasdienėje veikloje. Jos reikšmė nėra apibrėžta jokiuose teisiniuose aktuose ar sąvokų žodynuose. Tiesa, kai kur tekstuose ši sąvoka prilyginama teisiškai reglamentuotam tvariam žemės gelmių išteklių naudojimui. Tad rašant šį skyrių, atsirado prievolė išsamiau paaiškinti šios sąvokos prasmę.

Autoriaus nuomone, sąvoką „gelmėnaudą“ reikėtų suprasti ne tik kaip naudingųjų iškasenų ir požeminio vandens naudojimą visuomenės gerovei, bet ir kaip kitų žemės gelmių vertingųjų savybių pritaikymą, kuris žmonijai suteikia arba gali suteikti tiek materialią, tiek nematerialią naudą. Tai pirmiausia geoterminės energijos panaudojimas, žemės

gelmių ertmės, nekenksminga geologinė aplinka ir patikimas pagrindas statiniams. Ši sąvoka galėtų apimti ir nematerialius dalykus, svarbius visuomenės gerovei ir švietimui. Juk yra įvairūs geologiniai pažintiniai objektai – geologiniai draustiniai, parkai, takai ir kiti traukos objektai, atsiradę eksploatuojant gėlmes.

Kaip veikia tvarioji ekonomika?

„Darnaus vystymosi“ sąvoka pirmą kartą oficialiai pristatyta 1987 m. G. H. Brundtland Jungtinių Tautų Pasaulinės aplinkos ir plėtros komisijos pranešime „Mūsų bendroji ateitis“ (*Our Common Future*, 1987), kuriame iškelta ekonominio augimo ir aplinkos, kaip vienas kitą papildančių veiksmų, idėja vietoje ankstesnės „augimo“ arba „aplinkos“ nuostatos. Darnaus vystymasis patenkina dabartinių kartų poreikius, neatimdamas galimybės iš ateities kartų tenkinti savuosius.

G. H. Brundtland komisijos pateiktame darnaus vystymosi apibrėžime ir pačioje koncepcijoje susieti du neatidėliotini tikslai:

1) dirbti ir gyventi atsižvelgiant į biofizines aplinkos galimybes – tai darnumo tikslas;

2) užtikrinti saugų, gerą ir tinkamą gyvenimą visiems žmonėms – tai vystymosi tikslas.

Tokia sudėtinė (dviguba) darnaus vystymosi prigimtis nuo pat paskelbimo pradžios sukėlė daug diskusijų, nes įpareigojo suderinti tiek vystymąsi, tiek darną. Negana to, dabartiniu metu įvairios disciplinos darnų vystymąsi apibrėžia skirtingai, todėl atsiranda koncepcijos prieštaros (Žičkienė, Guogis ir kt., 2019). Jei ekonomikoje tai suprantama kaip vystymasis, užtikrinantis ateities kartoms ne mažesnes pajamas nei dabartinėms, tai ekologijoje prioritetas teikiamas biologinių rūšių įvairovės ir ekosistemų išsaugojimui. Dar kitur – tai vystymasis ir pokyčiai, užtikrinantys kuo ilgesnį žmonijos egzistavimą. Ir nors nuo 2025 m. Jungtinių Tautų organizacijos dokumentuose ekonominis, aplinkos ir socialinis vystymasis įvardijami kaip tarpusavyje susiję ir vienas kitą papildantys darnaus vystymosi veiksniai, dar yra abejojančiųjų, ar reali pusiausvyra tarp jų yra galima. Dažnai pasigirsta kritika, kad ekonominis augimas išvis neįmanomas be dar didesnio Žemės išteklių naudojimo, todėl neva svarbiausia – mažinti vartojimą, jei norime išsaugoti gamtą.

Lietuvos atvejis: tendencijos ir lūkesčiai

Lietuvoje matome tas pačias prieštaringas tendencijas. Visuomenėje vyrauja neigiama nuomonė apie bet kurių žemės išteklių įsisavinimą, ypač

jei tai vyksta netoli nuo gyvenamosios vietos, bet kartu norima greito ekonominės ir socialinės padėties pagerėjimo. Be išimties visi sociumo dalyviai tikisi gerų kelių, plačių gatvių, gero ir greito susisiekimo, bet niekas nenori, kad žvyrą ir skaldą šiems keliams tiesti kastų netoli jų gyvenamosios ar pamėgtos poilsio vietovės.

2015 m. Jungtinės Tautos priėmė „Darnaus vystymosi darbotvarkę 2030“, kurioje numatyta iki 2030 m. įgyvendinti 17 universalių ir tarpusavyje susijusių, daugelį politikos sričių apimančių darnaus vystymosi tikslų. Šiems tikslams įgyvendinti išskirti 169 uždaviniai, kurie pagrįsti daugiau nei 200 įgyvendinimo rodiklių. Minėti tikslai grindžiami trimis darnaus vystymosi aspektais – aplinkos, socialiniu ir ekonominiu ir apima skurdo, nelygybės, maisto saugos, sveikatos, tvaraus vartojimo ir gamybos, augimo, užimtumo, infrastruktūros, tvaraus gamtos išteklių valdymo, kovos su klimato kaita, lyčių lygybės, taikios ir įtraukios visuomenės bei kitas sritis.

Jungtinių Tautų patvirtinti darnaus vystymosi tikslai:

- 1) skurdo įveikimas;
- 2) bado panaikinimas;
- 3) gera sveikata ir gerovė;
- 4) kokybiškas švietimas;
- 5) lyčių lygybė;
- 6) švarus vanduo ir buities higiena;
- 7) įperkama ir švari energija;
- 8) deramas darbas ir ekonomikos augimas;
- 9) pramonė, inovacijos ir infrastruktūra;
- 10) mažesnė nelygybė;
- 11) tvarūs miestai ir bendruomenės;
- 12) atsakingas vartojimas ir gamyba;
- 13) klimato politikos veiksmai;
- 14) gyvybė vandenyse;
- 15) gyvybė žemėje;
- 16) taika, teisingumas ir stiprios institucijos;
- 17) partnerystė siekiant tikslų.

Čia pateikti pirminiai apibendrinti tikslų pavadinimai. Įvairiuose dokumentuose ir skirtingose šalyse jie įvardijami skirtingai, dažnai išplečiant pavadinimus, nusakant konkrečius uždavinius. Taip tikslas pakreipiamas tam tikra galbūt norima kryptimi, pabrėžiami pageidaujami akcentai. Pavyzdžiui, ES ir LR dokumentuose darnaus vystymosi tikslų pavadinimai taip pat skiriasi. 2016 m. Nacionalinės darnaus vystymosi komisijos iškeltuose prioritetiniuose valstybės tiksluose ir 2023 m. Aplinkos ministerijos parengtoje „Jungtinių Tautų darnaus vystymosi darbotvarkės iki 2030 m. įgyvendinimo ataskaitoje“ Lietuvoje prioritetas skiriamas šiems tikslams:

- 1) skurdo įveikimas;
- 3) gera sveikata ir gerovė;
- 7) įperkama ir švari energija;
- 10) mažesnė nelygybė;
- 12) atsakingas vartojimas ir gamyba;
- 13) klimato politikos veiksmai;
- 17) partnerystė siekiant tikslų.

Lietuvos dokumente jie surašyti kiek kitaip, o nuo 2021 m. yra susieti su šalies strateginiu dokumentu – 2021–2030 m. Nacionaliniu pažangos planu (NPP), kuris, kaip manoma, taps realiu orientyru darniam vystymuisi įgyvendinti.

Vertinant geologijos kaip mokslo vaidmenį nekyla abejonių, kad tai viena iš kertinių mokslo šakų įgyvendinant darnų vystymąsi, nes remiasi ilgalaikiu požiūriu į Žemės raidą. Geologija padeda rasti pusiausvyrą tarp aplinkos, ekonomikos ir visuomenės poreikių, skatina atsakingą žiniomis paremtų sprendimų priėmimą. Taigi geologija padeda žmonijai valdyti gamtinius išteklius, vertina jų atsargas, įspėja apie šių išteklių išekvojimo pasekmes, skatina jų racionalų naudojimą ir antrinį perdirbimą, o tai sudaro didesnę galimybę tuos išteklius išsaugoti ateities kartoms. Ypač tai pasakytina apie žmonijos ir visos gyvybės egzistavimui būtinus vandens išteklius. Geologai ne tik suranda ir atveria požeminio vandens klodus, bet skaičiuoja ir kontroliuoja jų tvarų naudojimą, vykdydami prevencinius ir prognozinius jų taršos tyrimus.

Glaudus geologijos ryšys ir su aplinkosauga, nes geologai nustato ir įvertina grunto ir vandens taršą, identifikuoja užterštas teritorijas, vykdo jų stebėjimą, jei reikia, parengia jų valymo planus bei prižiūri, kaip jų laikomasi. Visuomenėje mažai kas žino, kad mokslškai ir sąžiningai analizuoti klimato kaitą bei modeliuoti dabartinius procesus ir prognozuoti ateitį neįmanoma be žinių apie geologinę praeitį, kurias gauname, tyrinėdami žemės gelmių uolienu sluoksnius ar prieš milijonus metų susiformavusius ledynus.

Atskira kalba apie tvarius miestus ir bendruomenes, pramonę ir infrastruktūrą. Čia geologai ypač daug prisideda, parinkdami patogias vietas statybai, vertindami pagrindo gruntų ir uolienu stabilumą, požeminio vandens poveikį bei geodinaminių procesų grėsmes statiniams ir gyventojams. Jie taip pat atlieka pagrindinį vaidmenį įvertinant ir paimant žemės gelmių šilumą, t. y. geoterminę energiją, kuri leidžia bent iš dalies aprūpinti visuomenę ir pramonę „švariąja energija“.

Galiausiai reikia kalbėti apie geologinę veiklą ir apskritai geologijos žinių naudą visuomenei. Įvairiausių geologinių objektų pritaikymas ir parengimas visuomenės lankymui, supažindinimas su jų unikalumu ir geologinių procesų, sukūrusių tuos objektus, veikla ne tik atlieka

švietėjišką ir pramoginę funkciją, bet ir skatina visuomenę prisidėti įgyvendinant darnaus vystymosi tikslus.

Tikriausiai viską, kas buvo čia paminėta, daugiau ar mažiau galima priskirti gelmėnaudai. O vertindami esamą padėtį, perspektyvas ir gelmėnaudos indėlių siekiant darnaus vystymosi tikslų, matome, kad šis indėlis yra nevienareikšmis. Jei šeštasis tikslas – švarus vanduo ir higiena, tai ir devintasis – **pramonė, inovacijos ir infrastruktūra** bei septintasis – **prieinama ir švari energija** turi akivaizdų ryšį su gelmėnauda. Dvyliktasis – **atsakingas vartojimas ir gamyba** bei vienuoliktasis tikslas – **darnūs miestai ir bendruomenės** taip pat yra tiesiogiai susiję. Jų ryšys su kitais tikslais lyg ir mažai pastebimas, bet, kaip matysime toliau, gali būti netikėtai reikšmingas.

Baigiant šį poskyrį, verta paminėti, kad Europos Sąjungos valstybės daugiausia dėmesio skiria darnaus vystymosi tikslų įgyvendinimui. Tai ir yra viena svarbiausių Jungtinių Tautų darbotvarkės iki 2030 m. varomųjų jėgų.

Nacionalinė darnaus vystymosi strategija

Darnus vystymasis, t. y. dabartinių kartų poreikius atitinkantis, bet būsimų kartų galimybei tenkinti savo poreikius netrukdantis vystymasis, yra įleidęs gilią šaknis į Europą. Dėl puikių gerovės sistemų ES socialinė rinkos ekonomika atnešė gerovę ir saugumą. Daug investavus į mokslinius tyrimus ir inovacijas, buvo imtasi naujų technologijų ir gamybos modelių, leidžiančių taupiau naudoti išteklius ir diegti skaitmeninius sprendimus.

Dar 2003 m. buvo suformuota Lietuvos nacionalinė darnaus vystymosi strategija. Pagal darnaus vystymosi indeksą, kuris sudarytas apibendrinus visų septyniolikos darnaus vystymosi tikslų pasiekimą, nuo pat pradžių pirmauja Šiaurės Europos šalys – Danija, Švedija ir Suomija. Tačiau ir Lietuva pagal darnaus vystymosi tikslų įgyvendinimą lenkia tokias išsivysčiusias ir turtingas valstybes kaip Liuksemburgas, JAV, Australija, Izraelis. 2023 m. Lietuva jau buvo įgyvendinusi 75 % darnaus vystymosi tikslų ir pagal bendrą indeksą pasaulyje iš 193 šalių užėmė 36 vietą (žr. JT darnaus vystymosi darbotvarkės iki 2030 m. įgyvendinimo ataskaita, 2023 m.), šiek tiek atsilikdama nuo savo artimiausių kaimynių.

Nors Lietuvos situacija, siekiant darnaus vystymosi tikslų, kol kas nekelia pasididžiavimo, įpareigojimas kasmet skelbti pokyčių duomenis ir viešinti šios situacijos pokyčius teikia vilties, kad darnaus vystymosi tikslai iki 2030 m. gali būti įgyvendinti. Reikšmingiausi darbai dar laukia kovojant su klimato kaita, siekiant atsakingo vartojimo ir gamybos, įgyvendinant pramonės inovacijas ir infrastruktūrą, mažinant nelygybę ir nepriteklių. Taigi veikti yra ką. Kiek čia galėtų savo indėliu prisidėti gelmėnauda?

Švarus vanduo ir higiena (6-asis tikslas)

Šis tvaraus vystymosi tikslas, matyt, labiausiai susietas su gelmėnauda. Istoriskai Lietuvoje taip susiklostė, kad nuo senų senovės vandeniui kasdieną buvo apsirūpinama iš šaltinių. Šaltiniai buvo garbinami ir dažnai tapdavo sakralinėmis vietomis. Ir dabar lietuvis jaučia nesuprantamą šaltinių trauką bei mistinę pagarbą. Jie gausiai lankomi, o jų vandeniui suteikiamos būtos ir nebūtos savybės.

Apgyvendinant naujas teritorijas, kuriantis kaimams ir miestams, pasiekti šaltinius darėsi vis sunkiau, tad imta ieškoti vandens po žeme, kasti šulinius. Vadinamųjų vandens gyslų mitas tiek yra įaugęs į lietuvių sąmonę, kad net šiandien, kai informacijos yra pakankamai, daugelis tuo daugiau ar mažiau tiki. Tik tuo greičiausiai galima paaiškinti, kodėl Lietuvoje niekada nebuvo populiaru idėja geriamąjį vandenį imti iš paviršinių vandens telkinių. Tad vystantis miestams kitas logiškas žingsnis buvo vandens gręžiniai. Lietuva jau daug metų naudoja tik gręžiniais išgaunamą požeminį vandenį.

Pirmosios žinios apie vandens gręžinius mus pasiekia iš XIX a. antrosios pusės. Vilniaus mieste iki 1893 m. įmonių savininkai ir turtingesni gyventojai įvairiose miesto dalyse buvo išsigręžę apie 40 artezinių gręžinių, teikiančių švarų, geros kokybės vandenį. Savanorių prospekte prie pastato Nr. 1 dar ir dabar tebėra 1883 m. išgręžto gręžinio apsauginis antstatas (1 pav.).



1 pav. Paminklinės lentelės atidengimo iškilmės prie 1883 m. Vilniuje išgręžto „Poguliankos“ gręžinio. S. Gegiecko nuotr., 2023 m.

Kadangi turimi ištekliai netenkino miesto poreikių, o miestas ir toliau plėtėsi, pirmosios vandenvietės įrengtos dar prieš Pirmąjį pasaulinį karą (Marcinonis, Šeirys, 1998). 1912–1914 m. išgręžus gręžinius Sereikiškių parke, buvo įrengta Bernardinų (Sereikiškių) vandenvietė Vilniuje, pakeitusi Vingrių šaltinių gravitacinį tinklą (<https://www.vv.lt>). Įdomiausia, kad ši siurblinė veikia ir šiandien. Kartu su kitais vandenvietės pastatais (požeminiai rezervuarai, laboratorija) ji yra prieinama viešam lankymui.

XIX a. antroje pusėje Kaunas vystėsi kaip miestas-tvirtovė, todėl mieste ir aplink jį buvo įrengtos ne tik gynybinės sistemos, bet ir tuo laikotarpiu modernios kareivinės su autonominiu vandens aprūpinimu. Iš pradžių buvo kasami šuliniai, vėliau gręžiami gręžiniai požeminiam vandeniui, o Kaunui tapus laikinąja sostine ir sparčiai plečiantis, buvo priimtas sprendimas aprūpinti miestą vandeniu iš buvusių carinės Rusijos armijos kareivinių, esančių netoli Kleboniško. 1928–1929 m. išgręžus 10 gręžinių, vandenvietė aprūpino Kauną švartu geriamuoju vandeniu. Ši vandenvietė tebeveikia iki šiol ir yra viena iš pagrindinių miesto vandenviečių. Tuo laiku tai buvo patriotinė akcija: tiek vandenvietės projektavimas, tiek gręžinių gręžimas bei vamzdyno tiesimas iki miesto centro buvo patikėtas lietuvių specialistams ir bendrovėms (<https://www.kaunovandenys.lt>).

Ne tik besiplečiančiame Kaune, bet ir visoje tarpukario Lietuvoje vandens gręžiniams buvo skiriama ypač daug dėmesio. Didelis kiekybinis šuolis buvo pieno perdirbimo bendrovių sąjungos „Pieno centras“ visoje Lietuvoje statomos pieninės. 1928 m. „Pieno centras“ turėjo 241 pieninę ir prie daugelio jų buvo įrengti vandens gręžiniai (<https://www.vle.lt/straipsnis/pienocentras>) (2 pav.). Taip aprūpinimas gręžinių vandeniu paplito ne tik didesniuose miestuose, bet praktiškai ir visuose didesniuose miesteliuose – valsčių centruose.

Sovietmečiu, kai buvo primesta planinė ekonomika ir kūrėsi stambūs ūkio objektai, įsivyravo centralizuotas vandens tiekimas. Nuo pavienių vandens gręžinių, kurių apsaugą, nesant aiškaus savininko, darėsi vis sunkiau garantuoti, buvo pereinama prie centralizuoto vandens tiekimo. Požeminio vandens vandenvietės praktiškai turėjo visi rajonų centrai bei didesni miesteliai ir net didesnės gyvenvietės. Pavieniai gręžiniai vandeniu aprūpindavo tik nutolusius gyvulininkystės centrus ir mažesnius kaimelius.

Tuo metu apie darnų požeminio vandens naudojimą negalėjo būti nė kalbos. Nepaisant sovietinės ideologijos priešiško kapitalui ir visiems materialiams dalykams, aprūpinimo vandeniu sistema oficialiai buvo priskiriama sovietinio žmogaus gerovės kėlimui ir sovietinio modelio propagavimui, jei ne visame pasaulyje, tai bent vadinamosiose „demokratinėse“ šalyse. Tačiau bendra betvarkė, pasenusios ir netaupios



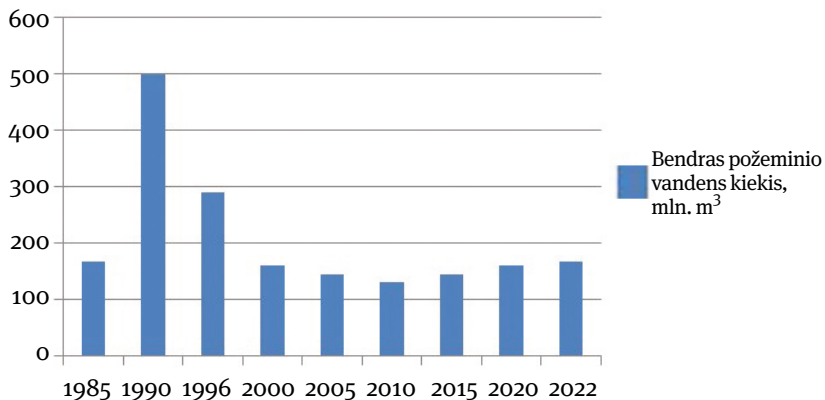
2 pav. 1929 m. gręžiamas gręžinys prie Vieکشnių pieninės. Centre (ketvirtas ir penktas iš kairės) stovi Kauno universiteto Mineralogijos katedros darbuotojai geologas profesorius Mykolas Kaveckis (?) ir Juozas Dalinkevičius (<https://www.facebook.com/photo/?fbid=10155465320291976&set=a.408068046975>).

technologijos didino išgaunamo vandens apimtį, nors žymi jo dalis tiesiog buvo prarandama (3 pav.).

Kita vertus, planinei ekonomikai reikėjo standartinių ir centralizuotų sprendimų, todėl atsirado vandenviečių ir pavienių gręžinių sanitarinės apsaugos zonos, buvo kuriami teisiniai aktai ir nuostatai, reglamentuojantys jų įrengimą ir priežiūrą. Tokius dalykus, esant centralizacijai, bent formaliai nebuvo sudėtinga sutvarkyti. Taigi nors vandens sunaudojimas buvo akivaizdžiai neūkiškas ir netaupus, apsaugos priemonės daugiau ar mažiau veikė ir, neskaitant pavienių atvejų, padėjo apsaugoti požeminius vandenius nuo taršos.

Ši situacija neatrodė grėsminga, tad Lietuvai atkūrus nepriklausomybę ji ir toliau egzistavo. Kaip laikomasi teisinių aktų, kontroliavo iš karto po nepriklausomybės paskelbimo įkurta Lietuvos geologijos tarnyba, visuomenės sveikatos centrai bei regioniniai aplinkos apsaugos departamentai, iš dalies – ir savivaldybės. Kadangi didžiosios pramonės gamyklos, neatlaikiusios pasaulinės konkurencijos, bankrutavo arba buvo priverstos pereiti prie naujų, taupesnių technologijų, vandens sunaudojimas stipriai mažėjo. Mažėjo ir jo gavyba (3 pav.).

Per 35 nepriklausomybės metus požiūris į požeminio vandens eksploataciją ir apsaugą pakito iš esmės. Žemės gelmių ir Geriamojo vandens įstatymai, kiti teisiniai ir poįstatyminiai aktai bei Europos Sąjungos Vandens pagrindų direktyva Lietuvos Respublikoje garantuoja



3 pav. Požeminio vandens gavyba Lietuvoje 1985–2022 m. Pagal apibendrintus „Eurostato“ ir LGT duomenis sudarė S. Gegieckas.

vandens išteklių balansą ir jo taršos prevenciją. Tą užtikrina leidimų sistema (tiek norint išgauti požeminį vandenį, tiek atlikti tuos darbus reikalingas leidimas), požeminio vandens ir vandenviečių stebėseną, taršos prevencija ir specialiosios apsaugos zonos.

Lietuva darnaus vystymosi strategijos 6-ąją darnaus vystymosi tikslą – švarus vanduo ir higiena – įgyvendina pagal JT iškeltus uždavinius. Pirmasis uždavinys (6.1) – „iki 2030 metų pasiekti, kad visiems būtų užtikrintos visuotinės ir lygiateisės galimybės gauti saugų ir prieinamą geriamąjį vandenį“. Vykdam šį uždavinį, Lietuvos geologinėms įmonėms tenka ypatingas vaidmuo. Pirmiausia jos atlieka žvalgybos darbus ir kitus įvairius hidrogeologinius tyrimus, iš kurių rezultatų nustatomi vandeningieji sluoksniai, įvairūs jų parametrai (gylis, storis, debitai, vandens savybės) ir atsinaujinimo galimybės. Praktiškai visus požeminio vandens gręžinių projektavimo ir įrengimo darbus tiek vandenvietėse, tiek įrengiant pavienius gręžinius atlieka hidrogeologinės gręžimo įmonės.

Nemažai įmonių prisideda prie trečiojo uždavinio (6.3 – „iki 2030 metų pagerinti vandens kokybę mažinant taršą...“) vykdymo. Jos atlieka požeminio vandens taršos prevenciją, įrengia stebėjimo gręžinius ir vykdo stebėjimą, parengia bei teikia jų rezultatų ataskaitas. Labai svarbi šiuo aspektu ir geologinių įmonių konsultacinė veikla – ypač pramonės įmonėms ir ūkininkams. Tai padeda apsaugoti požeminius vandenius nuo potencialios taršos, ugdo šių įmonių darnų požiūrį.

Nemažas geologijos įmonių ir visų geologų indėlis galėtų būti sprendžiant šeštąjį uždavinį (6.6) – „iki 2030 metų apsaugoti ir atkurti su vandeniu susijusias ekosistemas, įskaitant kalnus, miškus, pelkes, upes, vandeninguosius sluoksnius ir ežerus“. Nors signalų apie gilesnių

sluoksnių taršą dar labai nedaug ir jie tik pavieniai, daug kur Lietuvoje pirmasis vandeningas horizontas (gruntiniai vandenys) dėl intensyvios žemdirbystės, gamybinės ar komunalinės veiklos yra daugiau ar mažiau užterštas nitratais ir nitritais, organinėmis ir kitokiomis medžiagomis, tad nerekomenduojamas geriamajam vandeniui tiekti. Užterštų plotų išskyrimas, taršos lygio ir priežasčių nustatymas bei ilgalaikė stebėseną gali prisidėti prie šių vandenų kokybės atkūrimo ir palaikymo.

Atliekant šiuos darbus ypač svarbi įmonių patirtis ir kompetencija. Dirbant su tokia jautria taršai terpe, ypač svarbu laikytis ne tik teisinių aktų, bet ir visuotinai priimtų technologinių reikalavimų. Geologijos įmonių asociacija ir joms priklausančios įmonės šiems dalykams skiria daug dėmesio, tačiau „mažiausios kainos“ principas, deja, dažnai pakoreguoja kokybės tolerancijos ribas ne į gerąją pusę. Todėl asociacija nagrinėja šiuos darbus reglamentuojančius teisinius aktus, dažnai siūlo teisėkūros institucijoms jų pakeitimus ir papildymus, kad efektyviau veiktų esami kontrolės mechanizmai, eliminuojantys nesąžiningai ar nepakankamai kvalifikuotai dirbančiuosius. Ir nors palyginti su prieš 10–20 metų buvusia padėtimi situacija gerėja, bet dideliais pasiekimais šioje srityje pasigirti negalime. Gaila, bet dažnai tam nepadedą ir valstybės institucijų veiksmai, bendras nusistatymas mažinti verslui ir gyventojams biurokratinę našą.

Įperkama ir švari energija (7-asis tikslas)

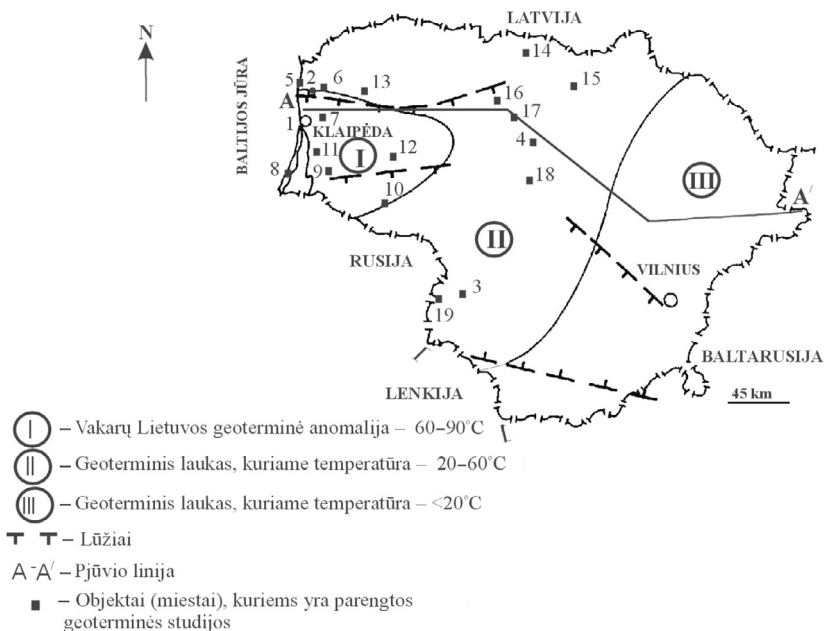
Tai dar vienas iš akivaizdžiausių JT tikslų, kurio siekiant gelmėnauda vaidina didžiulį vaidmenį, ypač įgyvendinant antrąjį (7.2 – „iki 2030 metų padidinti atsinaujinančios energijos dalį pasaulinės energijos rūšių derinyje“) uždavinį. Čia gelmėnaudos reikšmė yra daugialypė, tik iš karto tenka konstatuoti, kad šis gelmių potencialas Lietuvoje dar labai mažai panaudojamas. Lyginant su išsivysčiusiomis Vakarų Europos šalimis, pagal geoterminės energijos panaudojimą, galima sakyti, esame tik pradiniam etape. Lietuvos geologijos tarnybos duomenimis, šalyje per metus galima išgauti apie 62 tūkst. GWh atsinaujinančios šilumos energijos iš geoterminių išteklių, o visos valstybės žemės potencialas gali siekti net 2 mln. GWh. Tačiau kasmet (2021 m. duomenys) panaudojama tik apie 15 GWh geoterminės energijos, ir tai sudaro mažiau nei 0,1 % viso potencialo. 2025 m. situacija pasikeitė į gerąją pusę, bet esminio pokyčio dar nėra.

Pagal išgavimo sąlygas bei technologiją Lietuvoje geoterminė energija skirstoma į giluminę (išgaunama iš 1–2 km gylio) ir sekliąją (išgaunama iki 200 m gylio). Giluminė geoterminė energija Lietuvoje turi senesnę, bet mažiau sėkmingą istoriją. Pirmosios žinios apie 1,5–2,5 km gylyje esančius

šiltus (60–90 °C) vandeninguosius horizontus gautos dar 1970–1980 m. vykdant naftos ir dujų paieškas Klaipėdos ir aplinkiniuose rajonuose. 1989 m. tai oficialiai pavadinta **Vakarų Lietuvos geotermine anomalija** (4 pav.).

1989–1990-aisiais istorinio lūžio metais, bandant sustiprinti šalies energetinę nepriklausomybę, geologų bendruomenėje subrendo mintis panaudoti šią energiją centralizuotam energijos teikimui ar elektros gamybai. Ši idėja kartu su Skandinavijos šalimis pradėta realizuoti 1993 m. statant Klaipėdos geotermine jėgainę. 2001 m. jėgainė pradėjo veikti, tačiau greitai pirminį entuziazmą nuslopino problemos. Pasirinktas šilumos siurblių metodas nepasiteisino dėl šiltėjančių žiemų. Iš 1,14 km gylio tekantis vanduo buvo vėsesnis (38 °C), nei tikėtasi. Po kelerių metų gręžiniai ėmė kimštis druskomis ir įvairiais geležies junginiais, o 2010 m., pasibaigus subsidijoms, elektrinė tapo finansiškai nuostolinga. 2017 m. ji buvo užkonservuota laukiant pažangesnių technologijų (<https://www.klenergija.lt>). Akivaizdu, kad prie tokio rezultato prisidėjo ir tradicinis energijos tiekėjų lobizmas.

Tačiau „pirmas blynas“, nors ir prisvilęs, neatšaldė geologų ir kitų šios giliai po žeme esančios energijos įsisavinimo entuziastų. 2020–2024 m. Lietuvos geologijos tarnyba su partneriais toliau analizavo kitų technologijų, ypač sausų karštų uolienų (HDR), pritaikymą Vakarų Lietuvos



4 pav. Giluminių sluoksnių temperatūros Lietuvoje (www.ceicdata.svg).

geoterminėi anomalijai. Idėja toliau plėtojama, kadangi šios energijos potencialas (30–80 °C temperatūros) Lietuvoje nemažas ir apima ne tik Vakarų Lietuvą, bet turi perspektyvų ir Šiaurės vakarų bei Pietvakarių Lietuvoje, o technologiškai patrauklios zonos (aukštesnė nei 120 °C temperatūra) gali būti tinkamos ir elektros gamybai.

Daug jaunesnė sekliosios energijos įsisavinimo istorija. Pirmoji tokia geoterminė sistema įregistruota Kaune 1996 metais. Geologai pirmieji išgręžė apie 80 m gylio gręžinius ir patalpino ten vertikalius šilumos kolektorius. Ilgą laiką tai buvo vienintelis geologų indėlis panaudojant didelio tvarumo energiją. Jeigu Vakarų Europoje šios energijos įsisavinimas vyko labai sparčiai, tai Lietuvoje, deja, tik pavieniai entuziastai rūpinosi jos diegimu. Tik 2006 m. įrengta pirmą stambesnę mokyklos apšildymo sistema Kėdainiuose. Tuo laiku šia energetika pradėjo domėtis ir mokslo įstaigos, kūrėsi asociacijos. Analizuota nauda ir pavojai, bet dar 2012 m., kaip rašė „Delfi“, seklioji geotermija Lietuvoje tebebuvo egzotika (Ramoškevičiūtė, 2012).

2009 m. viešuose geologų renginiuose ir žurnale „Geologijos akiračiai“ iškeltas klausimas apie šių darbų teisinį reguliavimą. Jau tada specialistai išvelgė pavojų žemės gelmėms, ypač požeminio vandens kokybei. Geologijos įmonių asociacijos specialistų pastangomis kartu su Lietuvos geologijos tarnyba buvo bandoma suvaldyti šį procesą rengiant teisinių aktų projektus. Šis procesas užtruko, nes atsirado suinteresuotų pusių, kurioms tokia „laisvė“ labai tiko. Ir tik po ilgų diskusijų 2015 m. balandžio 3 d. Lietuvos Respublikos aplinkos ministras išleido įsakymą „Dėl geoterminių gręžinių projektavimo, įrengimo ir likvidavimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ ir taip bent teisiškai iš dalies suvaldė šį procesą, sekliąją geotermiją paversdamas tikrai tvaria energija.

Deja, pirmasis aprašo variantas buvo nepakankamai apgalvotas. Jis netenkino nei gelmių apsauga susirūpinusių geologų, nei sistemas projektuojančių ir jas įrengiančių specialistų, todėl iš karto buvo inicijuojami aprašo pakeitimai. Dabar diskusijos buvo daug aštresnės. Sistemų puoselėtojai ir įrangos platintojai visais būdais siekė jį supaprastinti, o geologų bendruomenė – patvirtinti kuo daugiau saugiklių bei kontrolės mechanizmų, kad nebūtų grėsmės žemės gelmių turtams. Svarstymas su pertraukomis vyko iki 2021 m. liepos 7 d., kai tuometinis aplinkos ministras Simonas Gentvilas pasirašė įsakymą dėl naujos aprašo redakcijos.

Tačiau ir šis variantas buvo kompromisinis, jis ir vėl netenkino suinteresuotų pusių. Jei pati idėja naudoti geoterminę energiją – labai pagirtina ir visiškai atitinka tvaraus vystymosi koncepciją, tai įrengimo technologijos, naudojamos medžiagos bei eksploatavimas gali ir nebūti tvarūs. Labiausiai geologų bendruomenę neramina, kad realiai neužtikrinama nei projektų, nei geoterminių gręžinių gręžimo ir įrengimo

kontrolė. Kai procesas nekontroliuojamas, galimi įvairūs pažeidimai „pasilengvinant“ sau darbą arba taupant užsakovo pinigus. Rezultatas tas pats – nesilaikant gręžimo ir gręžinių įrengimo technologijų, galimi tiek skirtingų vandeningųjų horizontų sujungimai, paskatinantys aukštesnių horizontų mineralizaciją ar gilesnių užteršimą, tiek ir viso vandens užteršimas naudojamomis cheminėmis medžiagomis.

Po truputį ir Lietuvoje išlenda Vakarų Europoje jau įsisenėjusios bėdos, kai dėl nekokybiškai parengto projekto ar pervertintų grunto šiluminių savybių užšaldomos ne tik geoterminės sistemos, bet ir susidaro „daugiamečio išsalo“ salos, deformuojami statiniai ar pažeidžiami medžiai bei kiti augalai.

Geologinių įmonių asociacijos narės deda pastangas, kad geoterminių gręžinių įrengimas ir sistemų projektavimas vyktų kuo skaidriau ir nesukeltų problemų, su kuriomis susiduria kitos šalys. Tai geriausias geoterminės energijos populiarinimas, labai reikalingas Lietuvai. Nesinorėtų, kad ir mums atsitiktų taip, kaip Nyderlandų Karalystėje, kai dėl požeminio vandens taršos kai kurios savivaldybės net uždraudė įrengti jų teritorijoje geoterminius gręžinius. Taigi, kaip sakoma, pagrindinis mūsų – dar ateityje.

Saulės ir vėjo energija (7.2 tikslas)

Saulės ir vėjo energijos panaudojimas yra kita to paties 7.2 uždavinio sprendimo dalis, nes iki 2030 m. turi labai padidėti ši atsinaujinančios energijos dalis pasaulinės energijos rūšių derinyje. Per praėjusius 10 metų Lietuva čia labai daug nuveikė ir prie to prisidėjo geologinės įmonės.

Saulės elektrinės Lietuvoje pradėjo plisti dar XXI a. 2-ojo dešimtmečio pradžioje ir ypač suintensyvėjo 3-iajame dešimtmetyje, kai Lietuvos Respublikos Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas buvo pako-reguotas taip, kad nutolusio saulės elektros gamintojo statusas buvo prilygintas elektros gamintojo statusui.

Pirmieji komerciniai parkai, susikūrę prieš 10 metų, nebuvo dideli, tad ir geologinių tyrimų buvo nedaug. Plečiant šią energetikos rūšį, elektrinių galia didėjo, tad reikėjo ir didesnių plotų. Be to, efektyvesnei elektros gavybai reikalingi sudėtingesni technologiniai sprendimai. Tam būtina užtikrinti patikimą ilgalaikį statinio stabilumą. Saulės jėgainėms dažniausiai buvo parenkami nederlingos ir nenaudojamos žemės sklypai ar sunkiai kitoms veikloms įsisavinamos teritorijos, tai yra visokios šlapynės, iš dalies užpelkėję plotai, apleisti karjerai. Tokiuose plotuose susiduriama su sudėtingomis inžinerinėmis geologinėmis sąlygomis. Sėkmingas šios energetikos rūšies vystymasis Lietuvoje yra didžiulis inžinierių geologų nuopelnas.

Vėjo jėginių statybos istorija Lietuvoje daug ilgesnė ir siekia tarpukarį, kai pavieniai dvarai ir net stambieji ūkininkai elektros energija apsirūpindavo iš užjūrio atsisiuntę nedidelio galingumo vėjo turbinas, galinčias patenkinti ne tik buitinius, bet ir minimalius ūkinius poreikius. Vieni jas pritvirtindavo ant esančių pastatų ar bokštų stogų, kiti statydavo specialius plieninius bokštus. Jei ne sovietmetis, galbūt ir dabar jos pajūraitų Lietuvos peizažą. Deja, 50 metų vykdyta planinės ekonomikos politika visa tai sunaikino ir liko tik atskiros fotografijos prisiminimui.

Nauja era prasidėjo kartu su Lietuvos atgimimu, tačiau kol neturėjome vakarietišku technologijų, mus persekiojo nesėkmės. Vėjo jėginės nuolat gėsdavo, vėjo gūsių neatlaikydavo mentės ar net pats bokštas. Tik Lietuvai 2004 m. įstojus į Europos Sąjungą ir atsiradus galimybei naudotis technologiniais pasiekimais, prasidėjo vėjo jėginių plėtra, ypač suintensyvėjusi po 2018 m., kai buvo priimti šią veiklą skatinantys Vyriausybės nutarimai. Dabartiniu metu bendra vėjo jėginių parko galia siekia apie 1750 MW, bet didžiausių parkų statyba dar ateityje.

Šiuolaikinė vėjo jėginė yra technologiškai labai sudėtingas statinys, kurio aukštis gali siekti 280 m ir daugiau. Tokio statinio stabilumui reikalingi ypač patikimi pamatai (5 pav.), o jų projektavimui – išsamūs inžineriniai geologiniai tyrimai. Dėl savo specifikos šie tyrimai būtini ne tik statinio



5 pav. Vėjo jėginės pamatų įrengimas
(<https://www.projektana.lt/projektas/projektai/Vejo-jegainiu-parkai>).

patatų projektavimui, bet ir statybai naudojamos įrangos stabilumui užtikrinti, taip pat jėgainės ir įrangos privežimo keliams. Taigi net vienai statomai jėgainei reikia viso komplekso tyrinėjimų, užtrinkančių ne vieną mėnesį.

Jėgainės pamatui, atsižvelgiant į jos aukštį, gręžiami 2–5 gręžiniai, kurių gylis 15–25 metrai. Bent vienas gręžinys siekia 30 ar net 40 m gylį. Gręžinių paskirtis – atpažinti ir aprašyti gruntą, paimti grunto pavyzdžius jų fiziniams ir mechaniniams savybėms nustatyti. Lygiagrečiai atliekami lauko bandymai, tik jų gylį Lietuvos sąlygomis dažniausiai riboja labai standus ir tankus gruntas, taip pat rupus gruntas ar jo priemaišos. Dažniausiai atliekami ir geofiziniai tyrimai – matuojamas skersinių ir išilginių seisminių bangų sklidimo greitis. Tyrimai atliekami viename gręžinyje arba dviejuose gretutiniuose. Matavimai vykdomi visame gręžinio gylyje, taip gaunami ne tik pamatų projektavimui būtini parametrai, bet ir sluoksnių vientisumo tyrimai.

Taigi matant Lietuvos peizaže vis daugiau vėjo jėgainių bokštų, vertėtų prisiminti, kad prie to labai prisidėjo ir Lietuvos geologinės įmonės. O turint omenyje, kad iki 2030-ųjų Lietuva siekia visiškai patenkinti savo poreikius iš atsinaujinančių energijos šaltinių, geologų dar laukia didelis ir sudėtingas darbas.

Pramonė, inovacijos ir infrastruktūra (9-asis tikslas)

Geologijos vaidmuo čia panašus, kaip ir vėjo ar saulės energetikoje. Bet ne tik tai. Geologų dėka atrandami ir paruošiami eksploatacijai naudingųjų iškasenų telkiniai, be kurių nebus pastatytas joks statinys. Tačiau dabartinio gamtosauginio „vajaus“ fone visuomenė apie tai beveik neinformuojama. Greičiau priešingai: nuo pirmųjų žingsnių slopinama bet kokia iniciatyva eksploatuoti naudingąsias iškasenas. Prie to prisideda ne tik artimiausios bendruomenės, bet ir savivaldybės, Aplinkos ministerija ir net teismai. Tai rodo, kad mūsų visuomenė ir valdininkai susipainiojo vertindami, kas yra kas.

Lietuvoje neeksploatuojamos kažkokios egzotiškos ar ypatingos iškasenos. Visa, kas paimama iš žemės gelmių, daugiausia sunaudojama kasdieninėje veikloje, statybose – plečiant ar atnaujinant infrastruktūrą, tobulinant miestų ir kaimų gerovę, statant namus, komercinius ar pramoninius objektus. Susidaro įspūdis, kad tiek vietos bendruomenės, tiek ir joms pataikaujančios savivaldos ir valstybės institucijos remiasi trumparegiška, o ne ekonominiais ar gamtosauginiais skaičiavimais paremta logika. Todėl mineralinės žaliavos, kurios galėtų būti paimtos čia pat vietoje, dažnai atvežamos įveikiant kelias dešimtis ar net šimtus kilometrų. Tai didina žaliavos savikainą ir kainą, o deginamas kuras dar labiau teršia aplinką.

Siekiant sustabdyti šią kaip vėžys plintančią madą, nebeužtenka tik geologų pastangų. Čia svarų žodį turėtų tarti ir Aplinkos ministerija. Gaila, bet jau daug metų ši institucija, vairuojama kraštovaizdžio, miškų ar gyvosios gamtos specialistų, visiškai nesigilina ir net demonstratyviai ignoruoja minėtą problemą. Sprendimo būdas paprastas – reikia sugrąžinti kiekvienam žmogui suprantamą ir skaičiavimais paremtą ekonomiką. Tarpukario Lietuvoje kasdieninės statybinės žaliavos – smėlis, žvyras, molis – buvo „ranka pasiekiamos“. Ne tik miesteliai, bet ir kiekvienas kaimas stengėsi apsirūpinti šiomis medžiagomis vietoje. Nesiūloma grįžti į tuos laikus, bet, sudarant savivaldybių bendruosius planus, reikėtų apgalvoti tuos dalykus ir pagal galimybes mažinti atstumą nuo žaliavos paėmimo vietos iki naudotojo. Tai būtų teisingas darnaus vystymosi sprendimas.

Dar visai neseniai, planuojant statyti infrastruktūros objektus, kelius ar geležinkelius, projekte buvo būtina nurodyti, iš kur bus imamos statybinės medžiagos. Jei arti nebūdavo veikiančių karjerų, tyrėjai vykdavo jų paiešką, o suradę, atlikdavo žvalgybos darbus ir parengdavo kasybos planus. Toks gana sudėtingas procesas trukdavo keletą metų, todėl tau pant laiką dabar tokios praktikos beveik atsisakyta: pagal pirkimo sąlygas viską atlieka statybos rangovas, kuris, per daug nesukdamas galvos, tai įtraukia į transporto išlaidas ir taip padidina galutinę statybos kainą, o žymią dalį lėšų, kurios galėtų būti panaudotos infrastruktūros plėtrai ar jos gerinimui, CO₂ pavidalu paleidžia į orą. Toks sprendimas tikrai neatitinka darnumo principo, todėl pats laikas Aplinkos, Susiekimo, o gal ir Ūkio ministerijoms pagalvoti, ką reikėtų padaryti, kad statybos nešvaistytų degalų, o sunkiasvorė technika neniokotų Lietuvos kelių.

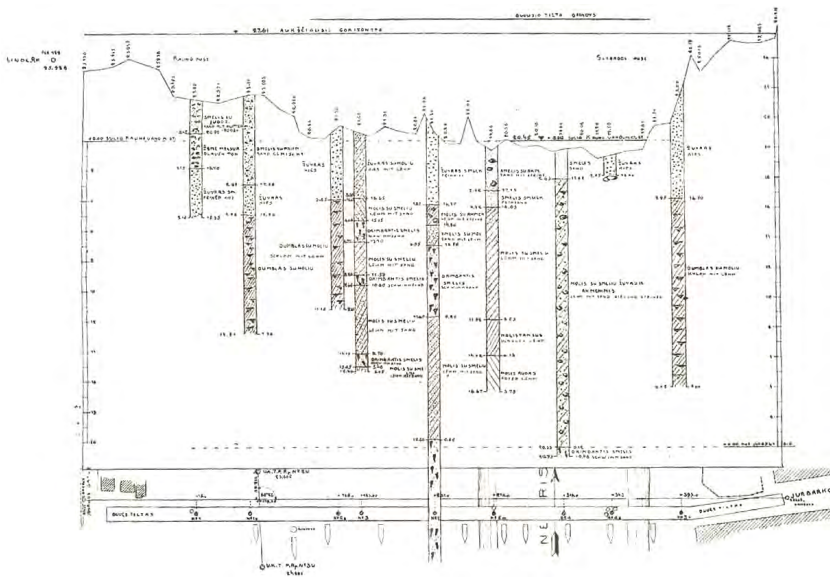
Kitas svarbus tvaraus vystymosi tikslo „Pramonė, inovacijos ir infrastruktūra“ aspektas yra inžineriniai geologiniai tyrimai. Verta priminti, kad bent su infrastruktūra inžineriniai geologiniai tyrimai susiję tiesiogiai, nes pramonės revoliucijai būtini tyrimai vėliau išsivystė į atskirą praktinės geologijos ir inžinerijos mokslo šaką. Tokių tyrimų poreikis atsirado XIX a. pirmojoje pusėje pradėjus tiesti geležinkelius. Tam reikėjo gerai išnagrinėti statybos sąlygas, nes, skirtingai nei kelių atveju, čia nebuvo galima apeiti sudėtingų gamtos ruožų, reikėjo vengti statesnių įkalnių arba jas kirsti iškasomis ir tuneliais. Tai vertė statytojus iš anksto numatyti problemas, rasti jų sprendimo būdus, o gavus tyrimo duomenis, pasirinkti mažiau sudėtingus statybos variantus.

Jau 1830 m. Anglijoje geologai konsultavo geležinkelių statytojus šlaitų stabilumo klausimais, o nuo 1836 m. inžinierių draugijos žurnalas „Minutes of Proceedings“ skelbė straipsnius, kuriuose buvo pateikiami geležinkelių pylimų ir iškasų šlaitų geologiniai tyrimai bei geotechniniai duomenys. 1844 m. prof. Charles'as Gregory straipsnyje „On railway cuttings and embankments“ apibendrino tokius tyrimus ir apžvelgė skirtingų gruntų būklę.

Tankėjant geležinkelių tinklui, tokių tyrimų poreikis augo ir jie tapo neatsiejama statybos proceso dalimi. Tokia patirtis kartu su geležinkelių statyba persikėlė į kitas šalis, taigi ir į Rusijos imperiją, kurios dalimi tuo metu buvo Lietuvos teritorija. 1851 m. patvirtinta Sankt Peterburgo–Varšuvos geležinkelio ir jo atšakos Vilnius–Kaunas–Kybartai statyba, o 1859–1861 m. vyko geotechniniu požiūriu sudėtingų objektų – Panerių ir Kauno tunelių bei tilto per Nemuną Kaune – statybos darbai. Visiems šiems darbams reikėjo išsamių tyrimų, tačiau kol kas jokie dokumentai ar žinios apie juos nėra publikuoti.

Kaip matome, inžineriniai geologiniai tyrimai Lietuvoje, kurie atliekami planuojant statybas ir siekiant užtikrinti saugų statinių eksploatavimą, turi ilgą istoriją. Tyrimus vykdė ne tik užsienio statytojai. 1924 m. projektuojant Petro Vileišio tiltą per Nerį Kaune, vietiniai inžinieriai organizavo jo pagrindo tyrimus (6 pav.). Krantuose ir upėje buvo išgręžti 9 gręžiniai, kurių gylis siekė 15 m ir daugiau. Ketvirtajame dešimtmetyje, tiesiant Žemaičių plentą, taip pat vyko tyrinėjimo darbai. Tai rodo to meto archyviniai dokumentai ir statinių projektai (7 pav.). Grunto pagrindas buvo tiriama ne tik dėl tiltų pamatų, bet ir pralaidų bei daudų.

Po Antrojo pasaulinio karo daugelyje išsivysčiusių šalių geotechniniai pagrindo tyrimai buvo neatsiejama statinių projektavimo dalis. Pirmasis tokių tyrimų proveržis Lietuvoje buvo Nemuno upės hidroelektrinių projektai – ypač Kauno HES statyba. Kad statiniai būtų saugūs, o išsiliejusios



6 pav. Neries slėnio geologinis pjūvis Petro Vileišio tilto statybos vietoje, 1924 m. (Sauskeliai, 1931).

naftos perdirbimo gamykla, Ignalinos atominė elektrinė, nutiestos automagistralės Vilnius–Kaunas–Klaipėda ir Vilnius–Panevėžys. Nauji krašto keliai sujungė rajonus su regionų centrais, kurie taip pat sparčiai plėtėsi. Dygo gamyklos, o šalia kilo gyvenamieji rajonai. Ir visur reikėjo pagrindo tyrimų, kurie pagal to meto statybos taisykles buvo privalomi ir griežtai reglamentuoti. Nors asmeninės iniciatyvos galimybės buvo labai ribotos, tai šen, tai ten atsirasdavo racionali mintis vietoje standartinių statybos normų įtvirtintų taisyklių taikyti iš Vakarų Europos mus pasiekusias idėjas.

Septintojo dešimtmečio pabaigoje prof. Jono Šimkaus iniciatyva KPI Pamatų ir pagrindų mokslo laboratorijoje buvo tiriamos Lietuvos grunto savybės. Sukurtos respublikinės statybos normos leido reikšmingai taupyti lėšas įrengiant statinių pamatus. 8–9-ajame dešimtmetyje atskirų specialistų iniciatyva statybose ėmė plisti gręžtiniai pastatų pamatai, kuriems reikėjo mažiau darbo rankų ir energetinių išteklių. Sudėtingomis sąlygomis buvo taikomas silpno grunto konsolidavimo procesas apkraunant jį gretimose statybvietėse iškastu gruntu. Dar vėliau procesui paspartinti buvo įrengiamos vertikalios drenos.

Visoms šioms naujovėms reikėjo ne tik drąsos ir iniciatyvos, bet ir žinių bei daug išsamių grunto tyrimų, tačiau gręžimas ir laboratoriniai tyrimai jų negalėjo užtikrinti. Buvo pasitelkti nauji lauko tyrimų metodai. Prof. Jono Šimkaus ir inžinieriaus Liudviko Furmonavičiaus iniciatyva nuo 7-ojo dešimtmečio pabaigos Lietuvoje pradėtas taikyti statinis zondavimas, kuris per dešimt metų tapo kasdienine ir neatskiriama inžinerinių geologinių tyrinėjimų dalimi. Šis metodas leido patikimiau įvertinti grunto mechanines savybes per visą jo gylį, o kartu suteikė pamatų projektuotojams galimybę mažinti atsargos koeficientus.

Plito ir kiti tyrimo metodai. Nustatant sukarstėjusias uolienas Šiaurės Lietuvos karstiniame rajone, buvo taikomi seklieji seisminiai tyrimai, gręžinių karotažas ir kiti geofiziniai tyrimai, o elektrine tomografija jau visoje Lietuvoje nustatomas grunto korozijos lygis ar elektros laidumas. Grunto fiziniams savybėms *in situ* nustatyti taikomas radioaktyvusis karotažas.

Visi šie tyrimai ne tik padėjo taupyti lėšas, kas planinės ekonomikos sąlygomis net buvo nenaudinga, bet, svarbiausia, atitiko darnaus vystymosi idėją – tausoti ir racionaliai naudoti gamtos išteklius. Šių tyrimų garantas buvo planinė ekonomika, todėl pasikeitus aplinkybėms ši sistema neišvengiamai turėjo sugriūti. Nors inžinerinių geologinių tyrimų reguliavimas buvo priskirtas Lietuvos geologijos tarnybai ir tapo viena iš geologinės veiklos rūšių, nesant ekonominio pagrindo ir teisinės bazės, buvusi sistema dar kurį laiką vegetavo. Devintojo dešimtmečio pabaigoje tyrimų apimtys drastiškai sumažėjo, jie buvo atliekami elementariaisiais metodais. Vienintelė prošvaistė buvo tų pačių iniciatorių dėka toliau

kuriami racionalių pamatų projektai, šalia statybinių bendrovių steigiami tyrimo padaliniai, vėliau tapę savarankiškais įmonėmis.

Nemažą vaidmenį tuo metu suvaidino kelininkai ir geležinkelininkai. Pasikeitus prekių ir krovinių srautų kryptims, iškilo būtinybė patikima transporto juosta sujungti Baltijos šalis su Vakarų Europa. Taip atsirado „Rail Baltica“ ir „Via Baltica“ idėjos, 9-ojo dešimtmečio viduryje peraugusios į konkrečius projektus. Parenkant trasas ir rengiant jų projektus, buvo reikalingi inžineriniai geologiniai tyrimai. Lietuvai tapus tranzitine šalimi, reikėjo rekonstruoti visus esamus magistralinius kelius, nes sovietinė jų dangos konstrukcija neatlaikė stipriai išaugusių transporto srautų. Tam reikėjo išsamiai ištirti ir įvertinti esamą situaciją, parengti metodiką judančio transporto sąlygomis, numatyti tinkamiausius tyrimo metodus. Tai buvo nemenkas išbandymas ir paskata ne tik patyrusiems specialistams, bet ir gera mokykla jaunajai kartai, kuri dabar jau praktiškai vadovauja visai tyrimų rinkai.

Naujas tyrimų etapas prasidėjo Lietuvai tapus Europos Sąjungos nare. Specialistų optimistiniai planai, kad greitai bus įdiegti europiniai standartai ir statybose įsigalios eurokodai, ar tik ne pačių statybininkų pastangomis buvo paversti „miražu“, o vyriausybės vis tolyn nukeldavo jų įsigaliojimo datas. Ir nors statybų ir tyrimų, atsiradus ES paramai, stipriai padaugėjo, 2008 metų krizė tyrimų bendrovėms neleido sustiprėti. Tyrimuose vis dar vyravo sena sovietinė technika ir Europoje praktiškai nebenaudojami gręžimo metodai. Po krizės įsigaliojęs visuotinis taupymas labiausiai paveikė projektavimo ir tyrimų bendroves, nes statybininkai nebuvo linkę dalytis ir taip, jų manymu, labai sumažėjusiu užsakymų srautu. Todėl vos ne dešimtmetį tyrimų bendrovės laikėsi ant išlikimo ribos. Tyrimų apimtys buvo minimalios, o tyrimo metodai – paprasčiausi. Apie tyrimus, kurie užtikrintų optimalų pagrindo grunto savybių panaudojimą ar darnų pastatų pagrindų įrengimą, nebuvo ir kalbos. Tik 2017–2018 m. po kelių nelaimingų įvykių ir statinių avarijų dėl grunto deformacijų, kurias lėmė pastatų pagrindas, susirūpinta tyrimų sektoriaus būkle.

2019 m. sausio mėn. Aplinkos ministerija ir LRV atliko keletą pakeitimų teisiniuose aktuose. Inžinerinių geologinių tyrimų ataskaita tapo privaloma norint gauti statybos leidimą. Tai sukėlė šių tyrimų bangą. Paaiškėjo, koks neveiksnius buvo ankstesnis reikalavimas, kad kiekvienas projektas turėtų tokius tyrimus, ir kad valdininkai, ypač Lietuvos geologijos tarnybos, nesugebėjo susidoroti su tokiu tyrimų kiekiu. Tačiau sutapus poreikiams, atsiranda ir greitai sprendimai. Neilgai truko tas tyrimų bumas. Tyrimų bendrovės matė, kad Aplinkos ministerijos negalėjimas suvaldyti šią situaciją privers mažinti „biurokratinę naštą“. Taip ir įvyko – nuo 2021 m. vidurio privalomų inžinerinių geologinių tyrimų kiekis buvo ribojamas ir vis daugiau statinių patenka į neprivalomų tyrimų sąrašą.

Tačiau tie keli labai darbingi metai padėjo tyrimų bendrovėms atsi-gauti, iš dalies atnaujinti techniką, įsisavinti naujus tyrimo metodus. Nuo 2024 m. tyrimų atliekama vis mažiau, tačiau stambiems ir reikšmingiems statiniams skirtų tyrimų apimtys net didėja. Didelį vaidmenį čia vaidina statybos įstatymo ir kitų su statyba ir projektavimu susijusių teisinių dokumentų, sustiprinančių eksperto atsakomybę, pakeitimai.

Diegiant statybose tvarius sprendimus, pirmiausia reikia žinių apie statinio pagrindus, reikalingi ir specialistai, kurie šiomis žiniomis gebėtų pasinaudoti. Dabar visuomenėje ir valdžios institucijose įsigalėjęs požiūris, kad IGG tyrimai reikalingi tik tam, kad padėtų išvengti nelaimių. Toks požiūris labai primityvus ir vienpusiškas. Antra vertus, Lietuva nėra kažkokia liulanti bala, kur visur tyko pavojai. Tada ir nusiteikimas, kad „viskas pas mus tvirta, kam čia reikia tų tyrimų, matome, ant ko statome...“, yra gana naivus. Pradedant statinio projektuotoju ir statytoju, reikia įdiegti supratimą, kad tyrimai reikalingi ne tiek dėl grėsmių, kiek dėl racionalios ir darnios pamatų statybos.

2016 m. Vilniuje vykusios Baltijos šalių geotechnikų konferencijos pranešimuose konstatuota, kad net Vakarų Europos šalyse, kur yra senos geotechnikos tradicijos, išnaudojama tik apie 60 % pagrindo grunto savybių. Lietuvoje vis dar manoma, kad eilinės statybos geras rodiklis, jei panaudojama 50 %. Tai reiškia, kad beveik pusę Lietuvoje statyboms sunaudojamo betono ir armatūros sukišame į žemę visai nepagrįstai. Ir tai dar ne viskas. Kiek jų gamybai sudeginama kuro, kiek išnaudojama žaliavų, kiek mašinų juos vežioja, kiek mechanizmų ruošia pamatų vietas? O kiek lėšų nepagrįstai praranda statybininkai, tiesdami kelius, kasdami iškasas ar supildami pylimus? Dažniausiai tai nurašoma nepalankioms geologinėms sąlygoms, netinkamo grunto ar mažos apimties tyrimams, nes darbus prižiūrintis asmenys irgi nelabai išmano tuos dalykus. Tai dažniau nekompetencijos ar net aplaidumo pasekmė.

Tvarūs miestai ir bendruomenės (11-asis tikslas)

Geologijos vaidmuo, siekiant įgyvendinti ir šį tikslą, yra panašus. Čia didžiausias inžinerinės geologijos specialistų, vertinančių statinių pagrindus ir galimas geologinių sąlygų grėsmes, indėlis. Uždaviniai tie patys: saugiai ir kuo tvariau pastatyti arba rekonstruoti gyvenamuosius ir kitos paskirties pastatus bei infrastruktūros objektus. Tik reikėtų atkreipti dėmesį, kad, be inžinerinių geologinių tyrimų, čia didelę reikšmę privalėtų turėti ir geologinės aplinkos („ekogeologiniai“) tyrimai, kurie, deja, yra beveik pamiršti ir vykdomi tik urbanizuojant buvusias gamybinės teritorijas.

Turėtų būti tiriamas ne tik paviršiaus (dirvožemio), bet ir giliau esančio grunto bei pirmo (gruntinio) požeminio vandens horizonto užterštumas.

Šie tyrimai garantuotų visuomenei švarią gyvenamąją aplinką, nes užterštumą gali sukelti ne tik gamybinė veikla, bet ir buitinės atliekos ar net buvę lauko tualetai ar nuotekos. Dėl tos priežasties Vakarų Europoje, keičiantis savininkams, toks tyrimas yra įprastas. Mums, deklaruojantiems didelį rūpestį švaria aplinka, irgi derėtų siekti, kad visuomenė suvoktų tokių tyrimų svarbą ir būtinybę.

Kalbant apie geologinius grunto tyrimus, reikia atkreipti dėmesį į miestų ir kitos gyvenamosios aplinkos specifiką. Joks miestas nebus tvarus, jei gatvės ir šaligatviai, aikštės ir takeliai yra nelygūs ir išsikraipę, o požeminės komunikacijos nuolat kemšasi ir genda. Tai ta sritis, kur geologai kol kas beveik neturi įtakos, bet jų profesinės žinios ir čia labai pagelbėtų. Daug kam tikriausiai bus naujiena, kad išsikraipę šaligatviai ir kitos dangos gali būti ne tik statybinio broko, bet ir neįvertintų grunto savybių rezultatas. Dabar atliekant standartinius IGG tyrimus, beveik nekrepiama dėmesio, kas slūgso žemės paviršiuje. Tai labai svarbu, nuo to priklausys, kaip atrodys ir ar ilgai truks miesto ar kiemo gerovė, kokias technologijas naudoti ir kaip statyti, kad ji tarnautų ilgiau, būtų funkcionali ir saugi bei estetiška. Idealu būtų, jei ne tik tyrimų, bet ir statybos procese dalyvautų specialistas, turintis pakankamai žinių apie grunto savybes ir jų pokyčius.

Kita neaptarta geologijos svarbos sritis, ypač kuriant tvarias bendruomenes, yra naudingosios iškasenos, tiksliau, kas lieka jas išnaudojus. Iki šiol visuomenėje paplitusi nuostata, kad naudingųjų iškasenų paieškų geologiniai tyrimai yra kažkoks „blogis“, nes visuomenėje visa tai asocijuojasi su suniokotu kraštovaizdžiu arba iškirstu mišku. Geriausiu atveju – su triukšmu ir didesniais transporto srautais.

Reikia pripažinti, kad kažkuriame naudingųjų iškasenų įsisavinimo etape to neįmanoma išvengti. Blogų pavyzdžių gana daug, tačiau yra ir geroji šios veiklos pusė. Po rekultivacijos nemažai buvusių karjerų net tapo traukos centrais. Ypač tai pasakytina apie Šiaurės Lietuvos, Vidurio Lietuvos ar Suvalkijos lygumas – regionus, nepasižyminčius vandens telkinių gausa, todėl čia išnaudoti ir po rekultivacijos užtvindyti karjerai tarnauja vietos bendruomenėms reikmėms – prie jų kuriamos poilsio zonos, atsiranda vandens pramogos.

Kaip vienas sėkmingiausių projektų paminėtinas didžiausias Lietuvoje buvęs Lampėdžių žvyro karjeras Kaune (8 pav.). Jo krantų perimetras siekia 11 km. Jau nedaug kas atsimena, kad prieš keletą dešimtmečių čia zujo technika. Dabartiniams kauniškiams ši vieta ne vieną dešimtmetį asocijuojasi su poilsiu, vandens pramogomis ir vandens sportu – čia prie puikiai įrengtų paplūdimių jau daug metų veikia vandens sporto zona ir irklavimo bazė. Praėjusiam dešimtmetyje šalia dirbtinio ežero įrengtas kempingas tapo mėgstama užsienio turistų poilsio vieta. 2026 m. planuojama ežere užbaigti tarptautinius reikalavimus atitinkančią irklavimo trasą. Šis ežeras



8 pav. Buvęs Lampėdžių žvyro karjeras šiandien
(<https://www.kaunas.lt/2020/10/06>).

tarp kauniečių yra toks populiarus, kad karštomis dienomis perpildytos ne tik poilsiui sutvarkytos zonos, bet ir visos pakrantės.

Yra ir daugiau tokių pavyzdžių. Šalia Jurbarko kažkada buvęs didžiausias žvyro telkinys Europoje jau seniai virto ežeru. Tai ne tik jurbarkiečių poilsio vieta, bet ir žvejų traukos objektas, ypač žiemą. Šiaurės Lietuvoje, Akmenės ir Joniškio rajonuose, tėra po vieną kitą pelkių apsuptą ežeriuką. Pakruojo rajone – vos du ir visai nedideli. Todėl čia bet koks naujas vandens telkinys nudžiugina vietos bendruomenę. Pakruojo rajone, Petrašiūnų karjere, daugiau kaip 60 metų statybos reikmėms kasamas dolomitas. Per tiek metų dolomitas iškastas iš 10–15 m gylio didesniame nei 500 ha plote. Beveik pusė panaudoto karjero yra užlieta ir tapo ne tik aplinkinių, bet ir Pakruojo gyventojų mėgstama poilsio vieta. Sutvarkyta aplinka ir statūs uolėti tvenkinio krantai (9 pav.) primena Karelijos, o ne Lietuvos peizažą, todėl nuolat traukia čia apsilankyti. Savivaldybės iniciatyva kartu su AB „Dolomitas“ čia jau kelerius metus organizuojami muzikos festivaliai ir šventės (10 pav.), į kurias susirenka žmonės iš visos Lietuvos ir net kaimyninės Latvijos. Čia vyksta ir skulptorių pleneras „Akmens dialogai“. Taip buvęs karjeras tapo kultūros židiniu, kuriame rengiamos darbų parodos, vyksta gyva diskusija su plenerų dalyviais.



9 pav. Petrašiūnų karjeras po rekultivacijos. S. Gegiecko nuotr., 2025 m.

Mažiau žinomas, bet panašios paskirties yra apie 10 km į pietus esantis Klovainių dolomito karjeras, tik jo istorija dešimtmečiu trumpesnė. Čia išnaudotoje karjero dalyje traukos objektu yra ne tik vandens telkinys, bet ir 2024 m. kartu su AB „Klovainių skalda“ įrengta Pakruojo automobilių sporto klubo autokroso trasa. Įdomu tai, kad šiame krašte ši sporto šaka turi senas tradicijas – prieš 20 metų Petrašiūnų karjere ir jo apylinkėse įrengtoje trasoje vykdavo respublikinės ir net tarptautinės varžybos.

Išnaudoti dolomito ar klinčių karjerai bendruomenės tikslams pritaikomi ir Joniškio rajone – Skaistgiryje bei Akmenės rajone – Karpėnuose. Turizmui, relaksacijai ir visuomenės švietimui skiriami ir veikiantys



10 pav. Pakruojo miesto šventė Petrašiūnų dolomito karjere, 2023 m. (<https://dolomitas.lt>).



11 pav. Menčių ir Šaltiškių karjerai traukia lankytojus savo egzotika (<https://www.akmene.lt>).

Šaltiškių molio ir Menčių klinčių (11 pav.) karjerai. Ekskursijos po karjerus, kurie primena natūralius kanjonus ar raudonąsias dykumas, yra labai populiarios. Norint į jas patekti, reikia registruotis prieš kelias savaites.

Kiti Jungtinių Tautų darnaus vystymosi tikslai

Vykstantys į paminėtas ekskursijas dažniausiai aplanko ir kitus Akmenės ar Joniškio rajonų geologinius objektus – Papilės ir kitas Ventos slėnio šlaituose bei krantuose atsiveriančias jūros periodo nuosėdų atodangas ar buvusio ilgiausio Lietuvoje Žagarės ozo liekanas. Tai atitinka ir kitus

JT darnaus vystymosi tikslus: „4. Kokybiškas švietimas“, „17. Partnerystė siekiant tikslų“ ar „3. Gera sveikata ir gerovė“.

Lietuvoje vietos bendruomenių, Valstybės saugomų teritorijų direkcijos ir Lietuvos geologijos tarnybos specialistų pastangomis, padedant aukštojo mokslo įstaigoms, lankymui parengta apie tris dešimtis geologinių pažintinių takų, kurie yra oficialiai įregistruoti ir įrengti arba pažymėti kaip turintys aiškia geologinę tematiką. Dalis jų yra integruoti į bendresnius gamtos ar kultūros pažintinius maršrutus, tačiau jų pagrindinis akcentas – geologiniai reiškiniai: atodangos, rieduliai, fosilijos, šaltiniai, karstinės smegduobės, geologiniai sluoksniai ar išskirtiniai geomorfologiniai reljefo bruožai.

2024 m. duomenimis, Lietuvoje buvo 413 geologinio paveldo objektų (geotopų), įtrauktų į Lietuvos geologijos tarnybos sudarytą Geologinio paveldo objektų registrą. Registro informacija yra vieša ir prieinama per Lietuvos geologijos tarnybos informacinę sistemą (<https://lgt.lt/epaslaugos/index.xhtml>) arba naudojantis Valstybinės saugomų teritorijų tarnybos (VSTT) žemėlapiais (<https://saugoma.lt>). Dauguma šių objektų yra parengti lankytojams, pažymėti nuorodomis. Sutvarkyti privažiavimo arba priėjimo takai, įrengti informaciniai stendai (12 pav.). Tai ne tik skatina vietinį turizmą ar prisideda prie krašto gyventojų sveikos gyvensenos, bet ir turi pažintinę reikšmę.

Geologinė veikla Lietuvoje siejama ir su tokiais tikslais kaip „14. Gyvybė vandenyse“ ir „15. Gyvybė žemėje“. Jau minėjome, kad po naudingųjų iškasenų telkinių eksploatacijos, vadovaujantis Lietuvos Respublikos teisiniais aktais, reikia atlikti karjero rekultivaciją, pagal galimybes atkurti pažeistą kraštovaizdį ir žemės naudmenas bei pritaikyti jas ekologinėms, ūkinėms arba rekreacinėms funkcijoms, taip mažinant



12 pav. Geologinė informacija Kauno marių regioniniame parke. S. Gegiecko nuotr., 2025 m.

neigiamą poveikį aplinkai ir žmonių gyvenimo kokybei. Pavyzdžiui, užtvindyti karjerai daug kur pajvairina kraštovaizdį ir daro jį patrauklesnį. Ten, kur leidžia sąlygos, buvę karjerai užsodinami mišku ir taip atkuriamos buvusios ekosistemos. Galima ir žemės ūkio veikla, kai karjerų vietose formuojamos pievos ar net dirbami laukai. Taip valstybė ir vietos bendruomenės gauna dvigubą naudą: paimamos infrastruktūros kūrimui reikalingos naudingosios iškasenos, o buvęs telkinio plotas grąžinamas gamtai ir gyventojams.

Po kurio laiko buvusių karjerų vietose ekosistemos sugrįžta į anksčiau būklę arba pasikeitusios sąlygos (šlaitai, drėgmė, apvandeninimas) gerokai išplečia bioįvairovę. Apie tai liudija ne tik Lietuvoje, bet ir kitose Europos šalyse atlikti tyrimai. Lietuvos Gamtos tyrimų centro ir Vilniaus universiteto mokslininkų darbai rodo, kad rekultivuotose teritorijose, buvusiuose žvyro ir durpių karjeruose, pavyzdžiui, Naujosios Akmenės apylinkėse ir Elektrėnų savivaldybėje, išaugusi augmenijos, paukščių ir vabzdžių įvairovė yra didesnė nei netoliese esančiuose nerekultivuotuose plotuose.

Ypatingą vietą šioje veikloje užima durpynų atkūrimas. Šis procesas labai įdomus ne tiek technine, kiek biologine prasme. Lietuvoje atlikta daug įvairių mokslinių stebėjimų, šia tema parašyta unikalių mokslinių darbų. Įdomus aspektas, kad ne tik žmogaus veikla prisideda prie šio proceso, bet ir natūrali gamta: pavyzdžiui, dėl augalijos ir gyvūnijos veiklos pakyla vandens lygis ir atsikuria pelkių ekosistemos. Tas pirmiausia pasakytina apie senus, prieš 40–50 metų išnaudotus durpynus. Novaraisčio durpynas Šakių rajone baigtas eksploatuoti dar 1979 metais. Siekiant išvengti durpyno gaisrų, pusė teritorijos buvo užtvėnkta. Taip atsirado nemažas sekus vandens telkinys su likusiomis kasybos atliekų vietomis, virtusiomis salomis. Šią vietovę pamėgo čia gyvenantys ir praskendantys paukščiai (13 pav.). Susidėvėjusi drenažo sistema ir bebrų užtvankos dar padidino užtvėnų plotą. Nuo 1988 m. ši teritorija paskelbta valstybiniu ornitologiniu draustiniu (plotas – apie 827 ha). 2004 m. jai suteiktas *Natura 2000 PAST* statusas, apsaugantis perinčias upines žuvėdras ir pilkųjų gervių migraciją. Nors natūrali pelkės augmenija dar tik atsikuria, nuošali ir sunkiai prieinama vietovė suteikia geras sąlygas gyventi miško žvėrimis – briedžiams, elniams, šernams, Europos Bendrijos saugomiems vilkams ir bebrams. Novaraisčiai yra svarbiausias čia įsikūrusiems paukščiams, kurių yra daugiau kaip 30 Europos Bendrijos saugomų rūšių: didysis baublys, mažasis baublys, juodasis gandrąs, gulbė giesmininkė, juodasis peslys, gyvatėdis, pievinė lingė, gervė, švygžda, griežlė, pilkoji meleta ir kt.

Dabar durpyne aptinkami 34 rūšių sparnuočiai, įrašyti į Lietuvos raudonąją knygą, iš jų 17 rūšių čia peri. Novaraisčiuose įsikūrė per 100 porų



13 pav. Po rekultivacijos susidaręs Novaraisčio durpyno tvenkinys.
S. Gegiecko nuotr., 2023 m.

upinių žuvėdrų, arba apie 4 % šių paukščių populiacijos šalyje. Rudenį susitelkusių praskrendančių pilkųjų gervių skaičius siekia 1 000–2 000 vnt. (Lietuvos ornitologų draugijos duomenys, 2019).

Taigi, matome, kad buvusi ūkinė veikla ilgoje perspektyvoje akivaizdžiai praturtino bioįvairovę. Buvęs durpynas tapo tikru paukščių rojumi, o pakilęs vandens lygis atnaujino pelkėdaros procesus. Tokie patys daugiau ar mažiau žmogaus veiklos reguliuojami procesai vyksta ir kituose išnaudotuose ar ribotai naudojamuose durpynuose (<https://www.pelkiufondas.lt/publikacijos>).

Gana daug mokslinių darbų tuo klausimu parengta apie Aukštumalos aukštapelkę Šilutės rajone. Jos pakraščiai buvo intensyviai eksploatuojami vos ne šimtą metų. 2019 m. čia durpyno atkūrimo stebėjimui įrengtas specialus poligonas.

Nuo 2020 m. panašūs pelkėdaros atkūrimo darbai vyksta Ežerėlio durpyne, Kauno rajone, ir kituose Lietuvos durpynuose. Atliekami darbai ir tyrimų rezultatai rodo, kad ilgai žinoma įmanoma suderinti ūkinę veiklą ir ekosistemas. Tik bėda, kad gamtos procesai, palyginti su žmogaus gyvenimu, trunka kur kas ilgiau, todėl emocinis bendruomenės nusiteikimas dėl naudingųjų iškasenų eksploatacijos, matyt, dar ilgai bus neigiamas. Tam reikalingas didžiulis šviečiamasis darbas, nes žmogus pirmiausia reaguoja į tai, ką mato, o racionalūs ir konkrečiai faktais paremti sprendimai ateina iš lėto.

Baigiamasis žodis

Jungtinių Tautų Darnumo deklaracijos keliama tikslai įgyvendinami Europos Sąjungoje, taigi ir Lietuvoje, nes darnus vystymasis svarbus tiek dabartinės, tiek ir būsimųjų kartų išgyvenimui. Darnos reikalavimų nepaisymas gresia aplinkosauginėmis, socialinėmis ir ekonominėmis katastrofomis, o išteklių atėmimą iš būsimųjų kartų galima prilyginti rimtiems nusikaltimams žmonijai.

Skamba iš tikrųjų rimtai ir net grėsmingai. Turint omenyje, kad geologų veikla daugeliui dar vis asocijuojasi su iškastais plotais, zujančia technika ir rūkstančiais kaminais, sąsaja tikrai nekokia. Šiame skyriuje bandėme atskleisti, kaip yra iš tiesų. Autoriaus nuomone, geologija ir geologai yra vienas iš kertinių darnaus visuomenės vystymosi įgyvendinimo veiksnių. Šis mokslas remiasi ilgalaikiu požiūriu į gamtą ir jos išteklius, padeda rasti pusiausvyrą tarp aplinkos, ekonomikos ir visuomenės poreikių bei skatina atsakingų sprendimų priėmimą. Galbūt daug kam bus netikėta, kad dabartinė geologų veikla yra susijusi ne tiek su naudingųjų iškasenų paieška, kiek su jų išsaugojimu ir gelmių apsauga. Atlikdami su žemės gelmių ir visuomenės apsauga susijusius mokslinius ir inžinerinius tyrimus geologai tiesiogiai prisideda prie visuomenės gerovės ir darnaus vystymosi, tapdami tarpininkais tarp kartais nelengvai derinamo gamtos tvarumo ir sociumo poreikių.

Literatūra

1. Gediminas B., Čepulis V. 2009. Seklioji geotermija – panaudojimo Lietuvoje ypatumai. *Geologijos akiračiai*, Nr. 3–4, p. 27–33.
2. Čiegis R., Ramanauskienė J. 2011. Integruotas darnaus vystymosi vertinimas: Lietuvos atvejis. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, Nr. 2(26), p. 1–12.
3. Gabrys J. 1931. Gelžbetoniniai ir betoniniai tiltai. *Sauskeliai*. D. 2. Kaunas. 464, [3] p.
4. Gedvilaitė D. 2019. Šalies regionų darnios plėtros vertinimas: daktaro disertacija. Vilnius. 117 p.
5. *Historical Experience and Challenges of Geotechnical Problems in Baltic Sea Region*. 2016. Vilnius. 296 p.
6. Sendžikaitė J., Jarašius L., Zableckis N., Sinkevičius Ž. 2022. Aukštumalos aukštapelkės atkūrimas: saugodami praeitį rūpinamės ateitimi. *Geologijos akiračiai*, Nr. 1–2, p. 39–49.
7. Šileika A., Žičkienė S. 2001. Aplinką tausojanti plėtra: samprata ir diskutuotinos problemos. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, Nr. 3 (17), p. 3–10.
8. Šliaupa S. 2009. Lietuvos hidrogeoterminiai išteklių. *Geologijos akiračiai*, Nr. 3–4, p. 11–19.
9. Žičkienė S., Guogis A., Gudelis D. 2019. Darnaus vystymosi teorinė samprata ir jos praktinė reikšmė. *Tiltai*, Nr. 1, p. 108–123.

Fondų darbai

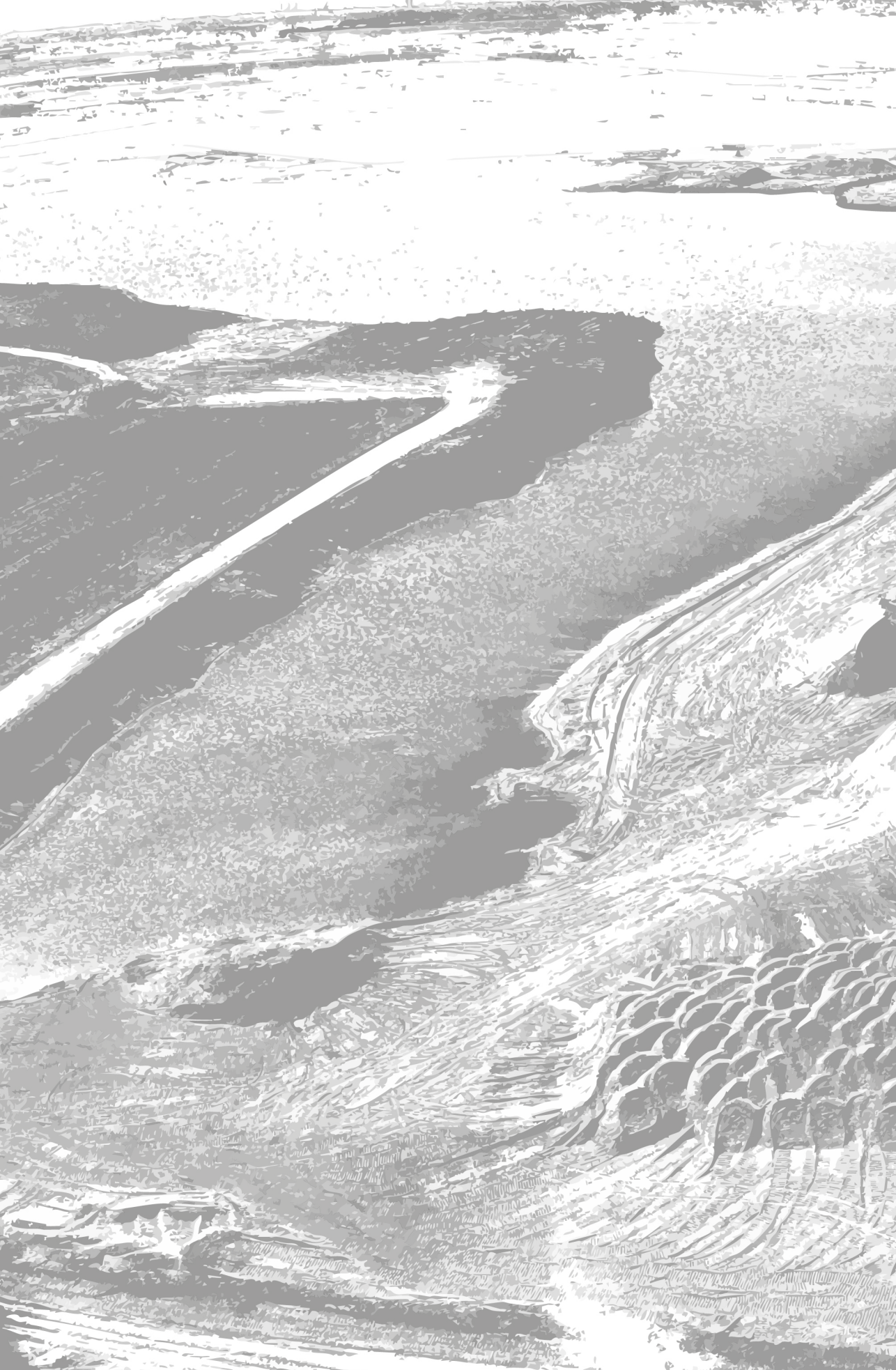
10. Eurostatas „Darnus Europos Sąjungos vystymasis“, 2018 m.
11. Marcinonis A., Šeirys N. 1998. *Požeminio vandens tyrimo ir panaudojimo raidos bruožai Vilniaus mieste*. Tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. Klaipėda.

Internetiniai šaltiniai

12. „AcmeSolarGroup“ atidarė vieną didžiausių saulės parkų Lietuvoje: energija – šaliai, nauda – bendruomenei. 2025. *Verslo žinios.lt*. <https://www.vz.lt/verslo-aplinka/2025/07/04/acme-solar-group-atidare-viena-didziausiu-saules-parku-lietuvoje-energija-saliai-nauda-bendruomenei-570144>
13. „Pieno centras“. 2024. *Visuotinė lietuvių enciklopedija*. <https://www.vle.lt/straipsnis/pienocentras>
14. Belickas V. 2018. *Lietuvos Respublikos bendrasis planas*. Esamos būklės analizė. Žemės gelmių išteklių. <https://www.bendrasisplanas.lt/wp-content/uploads/2018/08/Zemes-gelmiu-istekliai.pdf>
15. Centralizuoto vandentiekio kūrimas. 2025. *Vilniaus vandenys*. <https://www.vv.lt/apie-mus/istorija/centralizuoto-vandentiekio-kurimas/>
16. Darni Europa – iki 2030: diskusijoms skirtas dokumentas. 2018. *Europos komisija*. Doi:10.2775/042783 NA-01-19-037-LT-N.
17. Dolomito 60-mečio šventė karjere. 2024. *Dolomitas.lt*. <https://dolomitas.lt/lt/dolomito-60-mecio-svente-karjere/>
18. *JT darnaus vystymosi darbotvarkės iki 2030 m. įgyvendinimo Lietuvoje ataskaita*. 2018. Vilnius. <https://dvr.stat.gov.lt/documents/e9c095662692407f965a7b04ea5746c3/explore>
19. *JT darnaus vystymosi darbotvarkės iki 2030 m. įgyvendinimo ataskaita*. 2023. Vilnius. <https://dvr.stat.gov.lt/documents/ca28e42ab7b048f7823e4be7ee6c506f/explore>
20. Kauno vandenų istorija. 2025. *Kauno vandenys*. <https://www.kaunovandenys.lt/kauno-vandenu-istorija/>
21. Klaipėdos geotermiją gaivins energetikai ir tarptautiniai mokslininkai. 2024. *Klaipėdos energija*. <https://www.klenergija.lt/klaipedos-geotermija-gaivins-energetikai-ir-tarptautiniai-mokslininkai/>
22. Lankytini objektai. 2025. Gamta. Akmenės rajono savivaldybė. <https://www.akmene.lt/sveciui/lankytini-objektai/gamta/7099>
23. *Lietuvių kalbos žodynas* (LKŽe). 2018. <http://www.lkz.lt>.
24. LRV. 2020. Dėl 2021–2030 metų nacionalinio pažangos plano patvirtinimo: Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas, 2020 m. rugsėjo 9 d., Nr. 998, Vilnius. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/c1259440f7dd11eab72ddb4a109da1b5/RFCjVhPFaA?jfwid=1500j68jzl>
25. Novaraisčio draustinis. 2019. *LIFETERNS*. <https://www.lifeterns.lt/apie-projekta/teritorijos/teritorija-3>
26. Pakruojo miesto šventės koncertas antrus metus vyksta išskirtinėje erdvėje – dolomito karjere, kuris specialiai išsprogdinamas (garso įrašas). 2023. *LRT.lt*. <https://www.lrt.lt/mediateka/irasas/2000291614/dolomitas?srsId=AfmBOope3u-aaQoxdiq5PK4DV9f6PxF-c2AM1s9TmDo1zCjyM-kZzJpVq>
27. Ploeger Anne. 2025. Tvarus vartojimas ir gamyba: faktų apie Europos Sąjungą suvestinės. *Europos Parlamentas*. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/lt/sheet/77/tvarus-vartojimas-ir-gamyba>

8 skyrius

28. Ramoškevičiūtė D. 2012. Kodėl Lietuvoje geoterminis šildymas vis dar egzotika? *Delfi.lt*. <https://www.delfi.lt/verslas/energetika/kodel-lietuvoje-geoterminis-sildymas-vis-dar-egzotika-57976092>
29. *Report of the World Commission on Environment and Development: our common future*. 1987. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
30. Šileikis, T., Mačiulienė L. 2021. Atidaryta didžiausia saulės elektrinė Lietuvoje: už elektrą vartotojai mokės dvigubai mažiau. *Lrytas.lt*. <https://www.lrytas.lt/verslas/rinkos-pulsas/2021/07/29/news/atidaryta-didziausia-saules-elektrine-lietuvoje-uz-elektra-vartotojai-mokes-dvigubai-maziau-20219234>
31. Tvari Europa – iki 2030 m.: diskusijoms skirtas dokumentas. 2019 m. *Europos komisija*. www.un-documents.net/our-common-future.pdf



Baigiamasis žodis

Ši knyga parašyta siekiant atskleisti visuomenei, kokių ir kiek naudingųjų iškasenų turi Lietuva, bei parodyti, koks šių Žemės gelmių turtų vaidmuo valstybės ekonomikoje, siekiančioje darnaus vystymosi tikslų. Juk kartais net iš labai aukštų tribūnų, kaip 2024 m. liepos 12 d. LR Seime J. E. Lietuvos Respublikos Prezidento inauguracijos kalboje, pasigirsta nuomonė, kad Lietuva neturi naudingųjų iškasenų. Tačiau toks teiginys yra pernelyg apibendrintas ir, geologų požiūriu, netikslus. Iš tiesų taip nėra, todėl labiausiai patyrę Lietuvos geologijos ekspertai buvo pakviesti prisidėti prie šios knygos kūrimo ir pasidalyti savo tyrimų duomenimis bei žiniomis apie gelmėnaudos reikšmę tvarioje ekonomikoje.

Tenka priminti, kad LR Konstitucijoje įtvirtinta nuostata, jog krašto žemės gėmės ir jų ištekliai priklauso valstybei, kuri yra valstybės teritorijos suverenai. Žemės gelmių įstatymas reglamentuoja šių išteklių tvarkymo taisykles bei nustato racionalaus naudojimo ir apsaugos reikalavimus. Veiklos kontrolė pavesta LR aplinkos ministerijai.

Visos naudingosios iškasenos ir gelmių naudingosios savybės plačiąja prasme apibūdinamos viena sąvoka – Žemės gelmių turtai. Jų spektras pasaulyje yra labai platus:

- 1) nemetalinės naudingosios iškasenos arba mineralinės žaliavos;
- 2) metalų rūdos ir retųjų žemių elementai;
- 3) požeminis geriamasis ir mineralinis vanduo;
- 4) angliavandeniliai (nafta, dujos);
- 5) kaustobiolitai (durpės, akmens anglis, degieji skalūnai);
- 6) Žemės gelmių ertmės arba tektoninės struktūros, tinkamos saugykloms;
- 7) geoterminė Žemės gelmių energija;
- 8) gruntų geotechninės savybės, tinkamos statiniams statyti.

Krašto gelmių geologinė raida ir sandara lemia Lietuvoje esančių naudingųjų iškasenų rūšis. Šios rūšys aprašomos atskiruose knygos skyriuose. Bendrai skaičiuojama, kad visų ištirtų mūsų žemės gėmėse slypinčių naudingųjų iškasenų, įskaitant ir požeminį vandenį, vertė siekia 17 mlrd. eurų (Statistikos departamento duomenys, 2024 m. liepos 17 d.).

Žemės gėlės prasideda nuo podirvio uolienų. Čia, iki pirmųjų kelių dešimčių metrų gylio, slūgso mineralinių žaliavų sluoksniai, prieinami karjeruose, taip pat gręžiniais imamas požeminis vanduo. Su šia veikla siejamas, pavyzdžiui, cementininkų miestas Naujoji Akmenė, taip pat mineralinio vandens kurortinės vietovės – Druskininkai, Birštonas, Likėnai.

Mineralinės žaliavos sudaro krašto statybinių medžiagų bazę: klintis ir opoka, kvarcinis smėlis, molis plytoms, statybinis smėlis ir žvyras, dolomito skalda – visa tai yra kasdienė statybų duona. Be to, verta paminėti durpes, gėlavandenę klintį (sapropelį) ir gintarą. Visų šių žaliavų ištekliai nėra beribiai, tačiau tvariai juos naudojant išžvalgytų „atsargų“ pakaks dešimtmečiams. Remiantis parengtais projektais, dauguma šių žaliavų iškasama atviruose karjeruose. Taip pat yra verslo atstovų parengtas projektas, kuriuo numatoma šachtomis, nepažeidžiant gamtinės aplinkos, eksploatuoti permio periodo anhidrito klodus, išžvalgytus Kauno rajone 300–340 m gylyje. Tai statybinio akmens ir chemijos pramonės ateities žaliava, kurios ištekliai vien tik Pagirių telkinyje siekia 80 mln. kubinių metrų anhidrito uolienos. Svarbu paminėti, kad dideli, ilgą laiką eksploatuoti karjerai, išnaudojus išteklius, yra rekultivuojami: apsodinami mišku arba užpildomi vandeniu ir gražinami į žemės ūkio apyvarą.

Gėlas požeminis vanduo, naudojamas gerti, yra vienas didžiausių šalies turtų. Vanduo kaupiasi vandeninguose sluoksniuose iki 200–300 m gylyje. Nors šio vandens ištekliai yra atsinaujinantys, juos būtina racionaliai naudoti ir apsaugoti nuo galimo užteršimo. Gilesniuose sluoksniuose vanduo tampa mineralizuotas – mineralizacija didėja didėjant gyliui ir gali siekti šimtus gramų mineralinės medžiagos viename litre, todėl toks vanduo naudojamas balneologiniams tikslams. Dar giliau, kintant vandens temperatūrai, ji pakyla 2–5 °C kas 100 metrų ir 2–2,5 km gylyje pasiekia 70–80 °C. Toks vanduo gali būti panaudojamas energijos arba šilumos gavybai.

Lietuva yra turtinga tiek gėlo, tiek mineralizuoto požeminio vandens ištekliais. Kasdien iš žemės sluoksnių išgaunama apie 0,35–0,4 mln. kubinių metrų gėlo vandens, veikia apie 2,5 tūkst. požeminio vandens vandenviečių ir apie 40 tūkst. vandens paėmimo gręžinių. Statistikos departamento duomenimis, ištirti požeminio geriamojo vandens ištekliai vertinami apytiksliai devyniais mlrd. eurų (tai sudaro 15,7 % valstybės nacionalinio turto vertės). Požeminio mineralinio vandens eksploataciniai ištekliai šalyje siekia 6 tūkst. kubinių metrų per parą. Pastaraisiais metais 40-ųjų vandenviečių per parą išgaunama iki 500 kubinių metrų mineralinio vandens.

Kai pranešama, kad šiuo metu apie 40 % žmonijos susiduria su geriamojo vandens trūkumu, šių prognozių šviesoje mūsų krašto gėlo požeminio vandens išteklių svarba įgauna dar didesnę reikšmę.

Nafta Vakarų Lietuvoje paplitusi kambro periodo uolienose, produktyvūs smiltainio sluoksniai slūgso 1 800–2 000 m gylyje. Išsklaidytieji angliavandeniliai, vadinami skalūnų nafta, galimai susitelkę (tačiau menkai ištirti) silūro periodo storuose juodų graptolitinių skalūnų sluoksniuose.

Nafta atrasta 1968 m. Pietų Šiuparių gręžinyje. Per keliolika metų aptikta daugiau telkinių, kurie pradėti eksploatuoti. Šių telkinių išteklių nedideli, o naftingų struktūrų tektoninės sąlygos gana sudėtingos. Tačiau nafta yra mažai sieringa, geros kokybės ir galėtų būti puiki žaliava naftos chemijos pramonei plėtoti. Nepaisant to, menkos investicijos lemia, kad naftos gavyba šalyje jau metai iš metų mažėja, o išgaunama nafta tiekiamą Mažeikių naftos perdirbimo gamyklai.

Labai stambios (galimai nuo 500 mln. iki vieno mlrd. dolerių vertės) naftingų uolienų tektoninės struktūros slypi po Lietuvos Baltijos jūros dugnu, tačiau jas žvalgyti ateityje būtų galima tik gavus valstybės užsakymą. Lietuvos naftos verslo specialistai šiuo klausimu sutaria ir pateikė labai vertingų pasiūlymų.

Lietuvos gruntų tyrimais užsiima inžinerinė geologija – pamatų ir pagrindų mokslas, tarpinė sritis tarp geologijos ir statybos, taikanti gruntų mechanikos ir geotechnikos metodus. Šiais tyrimais nustatoma grunto dalelių struktūra ir kiti rodikliai, nusakantys molekulinį dalelių gravitacinį ryšį ir galimą atsparumą fizinėms apkrovoms. Inžineriniai geologiniai tyrimai yra įstatymiškai privalomi visiems bet kokių statinių projektavimo objektams.

Naudingąją Žemės gelmių savybę taip pat laikoma geoterminė energija bei gelmių ertmės ir struktūros, tinkamos saugykloms ar slėptuvėms įrengti. Tai tampa ypač aktualu poindustriniu laikotarpiu. Tačiau Lietuvoje atliktos požeminių struktūrų paieškos dujų saugykloms įrengti kol kas nebuvo sėkmingos. Jeigu bus imtasi eksploatuoti anhidrito kodus, išimtoje ertmėje atsiras galimybė daugelį metų saugiai laikyti pramoninės veiklos atliekas.

Geoterminė Žemės gelmių energija, greta atominių jėgainių ir hidroelektrinių, yra itin svarbi energijos rūšis, tačiau ją reikia mokėti valdyti. Vakarų Lietuvos geoterminė anomalija sukuria aukštą geoterminio vandens temperatūrą jau 1 000–1 100 m gylyje. Šia galimybe pasinaudota projektuojant Klaipėdos bandomąją geoterminę jėgainę, kuri pastatyta pradėjo tiekti šilumą miestui. Tačiau šios specifinės gamybos plėtrai trūko kvalifikuotų specialistų, o dėl technologinio proceso valdymo spragų jėgainės veikla ėmė strigti ir galiausiai teko ją sustabdyti. Esami jėgainės gręžiniai ir įrenginiai gali būti panaudoti Klaipėdos universiteto moksliniams tyrimams.

Kita su Žemės gelmių šiluma susijusi sritis, plėtojama mūsų krašte, yra sekioji geotermija, kai gręžiniais, siekiančiais iki kelių šimtų metrų

gylio, paimama žemės sluoksnių šiluma, kuri gali pasiekti iki 40 °C ir būti naudojama pastatams ir gyvenamiesiems namams šildyti.

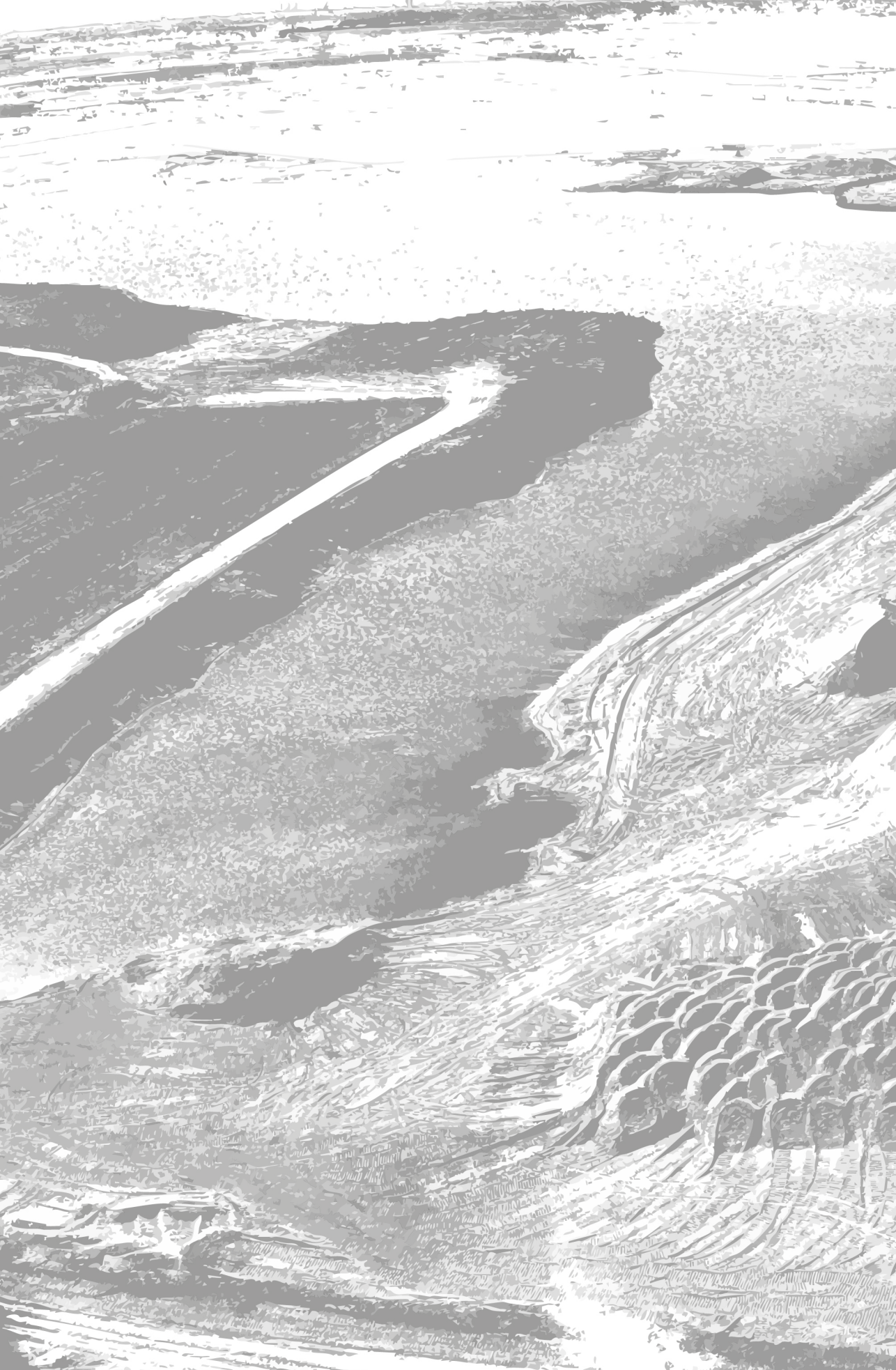
Išvados

Šios knygos autoriai propaguoja Jungtinių Tautų ir Europos Sąjungos deklaruojamą darnaus vystymosi koncepciją, kuri, viena vertus, numato biologinės įvairovės ir geologinio paveldo apsaugą, o kita vertus – nustato tikslus, atitinkančius gelmėnaudos reikšmę kuriant tvariąją ekonomiką. Šie tikslai apima tvarią gamtą, švarų vandenį, užtikrina įperkama maistą ir būstą, prienamą ir švarią energiją bei orią ir saugią gyvenamąją aplinką.

Turint omenyje, kad Lietuva gali užsitikrinti savo energetikos poreikius biokuro naudojimu bei vėjo ir jūros elektros jėgainių plėtra, ir atsižvelgiant į tai, kad ilgainiui mažės iškastinio kuro naudojimas transporte, galima teigti, jog šalis turi visų reikalingų žemės gelmių ir gamtos turtų valstybės gerovei kurti ir visuomenės poreikiams tenkinti. Žemės gelmių įstatymas reglamentuoja ūkio subjektų veiklą šioje srityje. Nors geologijos sritis šalies mastu nėra labai žymi savo veiklos apimtimi, ji yra gyvybiškai svarbi, norint užtikrinti netrikdomą krašto ūkinę veiklą. Šioje srityje veikia triada: 1) šaliai reikalingus geologijos specialistus rengia Vilniaus universitetas; 2) mokslinius tyrimus atlieka Vilniaus universitetas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas (VILNIUS TECH), Klaipėdos universitetas ir Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras; 3) taikomosios praktinės geologijos poreikius užtikrina geologijos, inžinerinės geologijos ir hidrogeologijos verslo įmonės, susijungusios į Geologijos įmonių asociaciją, bei naftos paieškos ir gavybos verslo įmonės.

Lietuvos geologų bendruomenė puoselėja savo kilnios profesijos tradicijas, yra motyvuota ir susitelkusi. Geologija – svarbi krašto ūkinės veiklos sudedamoji sritis, tačiau šios šakos ir atitinkamos mokslo srities valdymo modeliai šiandien susiduria su iššūkiais, atrodo kiek atsilikę ir laukia reformų.

Algimantas Grigelis



The Underground Resources of Lithuania

SUMMARY

This monograph was written by the most experienced Lithuanian geology experts to reveal to the public the diversity and quantities of useful resources our country has in its underground and to show the role of these treasures in the country's economy road map that is striving to achieve sustainable development goals.

In the foreword 'Earth Is Beautiful', **JŪRAS BANYS** explains the rationale behind this book, the concept of which originated in the Lithuanian Academy of Sciences, and defines its target readership. Whoever looks into the depths of the Earth, definitely sees not only stone – they see the memory of life itself. The depths of the Earth have been a source of human discoveries and an engine of progress since ancient times. Everything that has created the comforts of our civilization – from the first stone tools to modern technologies – needs the planet's hidden treasures: metals, oil, gas, minerals, underground water. Without them, there would be no steam engines and electrical networks, cars and airplanes, transistors and microcircuits, social networks and renewable energy.

Geology is a science that helps to understand the Earth: its origin, age, structure, surface and depths. Geology combines natural sciences and engineering technologies, seeks to reveal not only the physical structure of the planet, but also the mutual relationship between the Earth's structures and the development of Life. The lithosphere, hydrosphere, and atmosphere are the material basis for the sphere of life, and the anthroposphere created by man is a challenge for the sustainable protection and rational use of these resources.

The question arises: will we be able to use wisely what we have received from nature, leaving these resources to future generations? It is encouraging that Lithuania has a wide variety of resources. Geologists – from deep-sea prospectors to soil researchers – work consistently, guided by the principles of sustainable development, so that our country can grow, maintaining a delicate balance between economic needs and the preservation of the natural environment.

Summary

Our planet – a small orb in the infinity of the Universe – is unique and inimitable. It is worth knowing, protecting, and preserving it.

This book is intended for broad segments of society, state administration and local government. It answers the question of whether Lithuania has natural resources. When the idea of such a publication arose at the Lithuanian Academy of Sciences, the Editor-in-Chief swiftly developed a programme and gathered highly qualified geological science and business specialists for this work. This book is bound to satisfy the curiosity of a thoughtful reader and the need to know the treasures of the depths of their land.

Geologists bring a message to Lithuania: the planet Earth is beautiful, rich, unique. Most grateful words are addressed to the authors, editors, publishers, and printers for the sincere and productive work of the team in preparing this comprehensive publication for the benefit of the nation, society, and science.

In chapter 1, ‘The Geological Structure of Lithuania’, **ALGIMANTAS GRIGELIS** points out that Lithuania is the only country in the Baltic region where sedimentary rocks from all twelve geological periods of the Phanerozoic eon, i.e., the period from 541 million years ago to the present, can be found. The geological exploration of the territory, including the shelf of the Baltic Sea, is at a very high level. It is based on deep boring data, detailed stratigraphic classification schemes at the level of paleontological zones, petrographic and geochemical studies of rocks and sediments, and data from deep geophysical measurements and tectonic analysis.

The results of these wide-ranging and multifaceted studies are summarised in the geological map of Northern Europe, Land and Sea, at a scale of 1:4,000,000. The map shows the distribution of all types of rocks on the surface of the Earth before the beginning of the Quaternary period, i.e., 2.59 million years ago (to the present), by their relative age, while the deep tectonic structure is shown in geological profiles. This is a very broad generalisation based on a project carried out by the Norwegian Geological Survey.

The geological development of the territory of Lithuania, i.e., the distribution of terrestrial and marine conditions, was determined by the formation of large tectonic structures, which include the Baltic Syncline, the Masurian-Belarusian Anticline, and the Latvian Saddle – first-order structures belonging to the East European Precambrian Craton.

When combined into a single geological column, it will consist of two structural stages. The lower structural stage comprises crystalline, magmatic, metamorphic, and sedimentary rocks of the Proterozoic,

pre-Ripheian age, which lie at a depth of 200 m to 2,300 m below sea level. The upper structural stage consists of sedimentary rocks starting from the Ediacarian (Vendian) period and ending with the Quaternary period. The consolidated graph of the geological column shows that although sedimentation did not occur during certain periods, we find 'representatives' of all geological systems in the continuous geological cross-section.

This statement is explained by the paleogeographic curve, which shows how marine (ocean) and continental (land) conditions changed over time. This phenomenon was caused by sinking or rising, the so-called oscillatory (epeirogenic) slow movements of Earth's crust, the lithosphere.

The author concludes that in some areas of Lithuania, the iron group metals, or precious metals, rare earth ores formed in Precambrian (Proterozoic) crystalline basement. During the Phanerozoic eon, deposits of non-metallic minerals, hydrocarbons (oil and possibly dispersed hydrocarbons such as shale oil and gas), and porous sediments (freshwater or mineral water accumulations) formed in sedimentary rocks. Some of these treasures of the underground are exploited to meet the needs of society, while others may still be awaiting further exploration and their turn to become useful.

In chapter 2, 'Non-Metallic Raw Materials', **GINUTIS JUOZAPAVIČIUS** notes that over the past four million years, the ability to use non-metallic raw materials (rocks) for food preparation, shelter, and combat elevated the primates of the East African savannah to modern *homo sapiens*. Since then, all stages of human development have been closely linked to society's ability to harness the resources in the entrails of the Earth.

The author of the article continues with a discussion of non-metallic raw materials found in Lithuania, of which sixteen types have been explored at various levels. These include rock salt, anhydrite, dolomite, peat, freshwater limestone, amber, gypsum, glauconitic sand, limestone, chalk marl, quartz monomineralic sand, clay, gaize, sapropel, sand, and gravel. So far, 921 deposits have been explored in detail, 1192 have been generally explored, and 504 prospective areas have been identified. Only resources from deposits explored in detail may be used.

Lithuania has sufficient reserves of the most important and widely used raw materials. Mainly, these are everyday raw materials used to improve people's well-being: gravel, sand, clay, crushed rock, limestone, clay, and gaize for cement production. They are also consumed the most. Peat is also abundant and has recently been increasingly used in the production of growing media. This is an extremely important type of mineral resource,

Summary

because without adding organic matter to soil that is constantly used and becomes depleted, it is impossible to expect sufficient food supplies for a rapidly growing population.

All resources of deposits explored in detail are considered state property. These deposits cover 1.35% of Lithuania's territory, with an *in situ* value of €1.4 billion. The value of the extracted raw materials increases several times over. Non-metallic minerals play a particularly significant role in the structure of Lithuania's national wealth. Explored in detail, a unit of area containing these deposits generates 41 times larger state property than a unit of a forest area, 23 times larger value than a unit of a protected area, and 2.5 times more value than a unit of state road area.

These data on the detailed exploration of mineral resources and their value point to the abundance of resources in the subsoil in the territory of Lithuania. However, not all of them will be used to meet the needs of society, because the politicians elected at the state and municipal levels often see different priorities for ensuring the well-being of society, which are detached from the need to provide for the daily use of underground resources, products, and structures made of them.

Only 62% (1.855 billion m³) of the resources that have been explored in detail are available for use, and only 35% of the territory (1.35 billion m³) of the areas that have been generally explored could be explored in detail and prepared for extraction. Deposits of non-metallic raw materials are distributed very unevenly across the country's territory. This is determined by the subterranean structure of Lithuania. All mineral deposits that have been explored in detail, except for the Pagiriai anhydrite deposit, are accessible for exploitation through quarries. This structure of the subsoil has resulted in significant differences in the availability of valuable mineral resources among Lithuanian municipalities. Akmenė, Trakai, Pakruojis, Jonava, and Kaunas districts are five richest municipalities in terms of the quantity of usable resources explored in detail in the depths of the earth.

In addition to the usual raw materials that are used daily and in large quantities (gravel, sand, dolomite, peat, limestone, clay), the marble category resources of the Pagiriai anhydrite deposit, which are of exceptional purity and decorative properties, are close to breaking into the market. The first underground mine has been designed to reach this deposit, which is not only a source of chemicals and binding construction materials, but also a top-class decorative stone, whose rich blue varieties (angelite) are used to make jewellery.

Another highly valuable but still little used mineral resource is sapropel, which accumulated in post-glacial lakes and in some marshes below the peat layer. The most important property of sapropel is that it

mineralises slowly and releases nutrients gradually. This supplement stimulates the activity of various systems and organs in animals and increases their resistance to disease. Sapropel, which contains biologically active substances and possesses excellent thermal and plastic properties, is used in medicine, especially in balneotherapy, veterinary medicine, and in production of vitamin-rich ointments and bath extracts. The moisture content of natural sapropel exceeds 93%, and almost all of it is bound in its colloidal structure. Without breaking these colloidal bonds, sapropel slowly dries out in the air and irreversibly turns into useless ceramics. This is the main factor limiting its use. Innovative technologies for breaking down colloidal bonds, removing bound water, and introducing a sapropel-based soil conditioner into the plant root zone developed by Lithuanian businesses have resulted in the creation of the Scarabaeus agricultural machine, which creates conditions for a breakthrough into the market.

Detailed research and exploration are still pending for the large dome-shaped bodies of rock salt found in western Lithuania in the lower reaches of the Nemunas River.

Chapter 3 by **ANICETAS ŠTUOPIS**, ‘Groundwater’, deals with resources of groundwater in Lithuania. Here, groundwater is an invisible yet highly valuable natural resource and the main source of drinking water. Its studies enable the assessment of both the quantity and quality of resources, as well as potential threats arising from climate change and human activity.

Groundwater is an important renewable resource, formed primarily through the infiltration of atmospheric precipitation. The intensity of infiltration depends on climate, soil properties, relief, and other factors. Its chemical composition is shaped by natural influences such as climate, hydrological conditions, biogenic processes, and microbial activity, as well as geological and hydrogeological factors including rock composition, tectonic faults, and hydraulic gradients. Human activities – industry, agriculture, and urbanisation – also alter water composition, cause pollution, and reduce resource quality.

In Lithuania, fresh groundwater is contained in four main hydrogeological systems: (1) the Quaternary system – the most widespread and widely used for drinking water, (2) the Cenozoic–Mesozoic system – important in southern Lithuania, (3) the Upper Paleozoic system – significant in the Žemaitija region, and (4) the Upper–Middle Paleozoic system – supplying fresh groundwater to north-eastern Lithuania. In addition, 20 groundwater basins have been identified across the country, which help improve resource management and monitoring.

Summary

Reliable total freshwater groundwater resources in Lithuania are estimated at 3.73 million cubic metres per day. Most of the reserves (about 65%) are stored within aquifers of the Quaternary system. Due to favourable geological conditions and high demand, the largest resources are concentrated in Vilnius (~1.18 million m³/day) and Kaunas (~0.66 million m³/day) counties. Although groundwater resources are abundant, only about 15% are currently extracted, leaving significant reserves and strong potential for sustainable use. The quality of freshwater strongly depends on geological conditions. The main quality concerns include naturally elevated concentrations of iron, manganese, and fluoride.

Alongside its freshwater resources, Lithuania's mineral water and brines are also of high value. Mineral water is defined as groundwater with a content of total dissolved solids (TDS) of ≥ 1 g/L and is classified according to mineralisation levels, ranging from very low to brine. Mineral waters and brines occur in various geological formations, from Proterozoic crystalline rocks to Quaternary deposits, and display diverse chemical compositions. Sodium-chloride waters are the most common, though sulfate, bicarbonate, and mixed types are also found. Mineral water is used for therapeutic treatments, drinking, and spa services, while brine (>35 g/L) contains industrially valuable trace elements such as bromine, iodine, and strontium. The main mineral water resorts are Druskininkai, Birštonas, Palanga, and Likėnai. Lithuania has 44 mineral wellfields with confirmed resource of 8,650 m³/day, yet extraction amounts to only about 700 m³/day.

Shallow geothermal energy represents another important subsurface resource with great potential for sustainable energy development. Influenced by solar radiation, atmospheric conditions, and deep heat flow, it utilises heat stored within geological strata at depths of up to ~250 m. In Lithuania, groundwater temperature becomes stable at the depth of 15–20 m and increases by approximately ~1–1.5°C/100 m. Shallow geothermal energy is accessible almost everywhere, and its utilisation is simple and cost-efficient. By 2025, Lithuania had installed over 2,200 geothermal systems, mainly for heating and cooling of individual houses and businesses, with a combined capacity exceeding 47 MW.

The author concludes that groundwater, mineral water, and shallow geothermal energy constitute a vital group of natural resources in Lithuania. When properly managed and monitored, they ensure secure drinking water supply, therapeutic resource potential, and opportunities for sustainable energy development.

In chapter 4, 'Hydrocarbons', **IGNAS VAIČELIŪNAS** points out that oil and gas, the hydrocarbons found deep underground, are among the most

important types of mineral resources. They are the main source of energy for industry and households, and a raw material for the chemical industry. The author provides information on the formation of these natural resources, overviews global resources and production of oil and gas, and focuses on oil resources and extraction in Lithuania.

Hydrocarbons are natural fossil fuels formed in steadily sinking marine basins over very long geological periods in the Earth's past from organic remains of animals and plants, which accumulate at the bottom of sinking seas along with sediment. As they sink further, they are covered with thick layers of later sediment; these layers enriched with organic matter undergo anaerobic, i.e., oxygen-free, conditions and high temperatures, as a result of which the organic matter begins to decompose into simpler petroleum and later gaseous hydrocarbons.

Under the impact of the pressure of the sedimentary layers, some of these hydrocarbons migrate and can accumulate in porous rocks, where they can form traditional oil and gas deposits in tectonic structures. Another part of hydrocarbons remains in the parent rocks where they were formed due to molecular bonds; these are known as dispersed or shale hydrocarbons.

Global oil and gas resources and production are constantly rising. From 2013 to 2023, detailed exploration of oil reserves worldwide increased from 1,490.25 to 1,569.06 billion barrels, i.e., an increase of 79.1 million barrels or almost 5%. Over the same ten-year period, oil extraction increased from 72.5 to 73.2 million barrels per day, i.e., by 0.7 million barrels or 1%.

In Lithuania, 18 oil fields, from which oil is extracted, have been discovered in the rocks of the Cambrian period. The initial geological oil reserves of these deposits amount to 24,150 m³, with 8,106 m³ extracted. Oil is extracted in the Kretinga district and Palanga (Telšiai tectonic scarp deposits) and in Klaipėda and Šilutė districts (Gargždai uplift zone deposits). From 1990 to 31 December 2024, approximately 5,596,000 m³ of oil was extracted in the country. At the end of 2024, the remaining extractable resources amounted to 2,131,970 m³. In 2024, 27,850 m³ of oil was extracted in Lithuania, marking a decrease of about 7% from 2023. In addition, it was established that dispersed hydrocarbons are present in the dark-coloured clayey rock layers of the Silurian and Ordovician periods in south-western Lithuania.

Oil extraction is declining, but it could be stabilised and significantly increased. There are real grounds for this: the search for new deposits (Kintai structure), tertiary extraction methods (Gargždai uplift zone), exploration and extraction in the Baltic Sea, and research into dispersed hydrocarbons. The main obstacle to oil exploration and extraction is

Summary

the negative attitude of state institutions towards this activity. Due to such an approach, the state loses approximately €1 billion in revenue from special taxes (royalties) alone.

Oil exploration and extraction activities are of great importance for understanding the country's underground layers. For example, in western Lithuania, this work made it possible to identify a significant geothermal anomaly. Consequently, one can consider the use of geothermal resources for energy production and storage, as well as the possibility of using salt water from deep aquifers in balneology, fisheries, road maintenance, and other areas.

The author concludes that knowledge of the reservoirs deep underground creates realistic conditions for the use of natural cavities for gas storage or carbon dioxide sequestration in the depths of south-western Lithuania.

In chapter 5, 'Metal Ores', Gediminas **GEDIMINAS MOTUZA MATUZEVIČIUS** discusses the origins of these ores in Lithuania and then shifts his focus to the Varėna Iron Ore Zone. In Lithuania, metal ores may occur in the Precambrian crystalline basement, which was formed between the Orosirian period (onset of orogeny at ~1.89 Ga) and Calymmian period (the youngest cratonic intrusions at ~1.5 Ga). The first deposit of iron ores was discovered in 1974, close to the town of Varėna, in the course of the geological mapping of the crystalline basement. Later, few more bodies of iron ore regarded as occurrences were discovered in the vicinity. They are concentrated in the band extending for about 20 km in the N-S direction and form the Varėna Iron Ore Zone (VIOZ). The iron ore consists of magnetite and serpentine with relics of olivine. Magnetite and pyroxene ores appear more rarely. The amount of serpentine and magnetite, and, correspondingly, the grade of ores are highly variable. Magnetite ores appear in association with clinopyroxene, orthopyroxene and rarely apatite rocks. On the surface of the crystalline basement, the bodies of these rocks occupy areas of up to 1 sq. km and were traced to a depth exceeding 1 km. The depth to the basement in the areas of the deposit is 355–387 m.

The total resources of the Varėna deposit at a depth of up to 800 m are estimated at 540 Mt, with high-quality ore resources amounting to 142 Mt. The host rocks of the Varėna deposit are a sequence of supracrustal rocks, primary psammitic and volcanic. A particular feature is the layer of dolomite, whose origin is still debated.

In the VIOZ, particularly in the rocks of the Varėna deposit, numerous anomalies of rare-earth elements (REE) were found. The sum of REE oxides, in particular LREEs (La, Ce), reaches several per cent. The

predominant mineralogical forms are monazite, apatite, and allanite. The time of formation of REE mineralisation is different. Some occurrences are associated with iron ores and related rocks, while others are located in the bodies of granitic intrusions and zones of cataclasis within them.

In fault zones cutting through the youngest granitic rocks, mineralisation of copper and molybdenum is located. Mineralisation of these elements continues along the whole Marcinkonys-7 borehole drilled in the Kabeliai batholith. The concentration of Mo is up to 1–2%, Cu – 5–6%. The granite hosting mineralisation is affected by hydrothermal alteration. The age of mineralisation estimated by Re-Os method is 1.485 Ga.

In chapter 6, ‘Lithuanian Soils’, **SAULIUS GADEIKIS** points out that in a broad sense, soils are an object, in particular, of engineering geology that is based on various disciplines of geology as such, and also closely connected with geotechnics, a branch of civil engineering. An overview of the development of engineering geology in Lithuania shows its rapid progress after the Second World War and in the 1990s, after the restoration of Independence.

Nowadays, the engineering geology in Lithuania is focused on the survey of the Quaternary deposits, which are directly used as a foundation and environment for engineering constructions and buildings. Apart from this, in the northern part of country, in places the Quaternary cover reaches several metres; it is underlain by pre-Quaternary hard rocks, such as dolomite, chalk, gypsum, and marl.

Soils and rocks in the area of active construction impact are classified into stratigraphic genetic types from a geological point of view, and into groups, subgroups, types, and species from an engineering point of view. The most relevant geological phenomena in Lithuania are those (1) caused by the following natural and anthropogenic processes: those arising from surface water activity (steep river slopes, cliffs, ravines, gullies, ditches, ravines, terraces, islands, sea coast cliffs, beaches, horns), (2) caused by surface and underground water activity (swamps, marshy land, karst), (3) caused by the effect of gravity (landslides, rockfalls, debris flows, debris flows, mudslides), (4) caused by wind activity (hollows, dunes, depressions), and (5) processes caused by human economic activity (quarries, artificial soil deposits, excavations, embankments, dams, quays, technogenic sinkholes, deformation of structures and road surfaces).

Thus, all collected and systematised engineering geological data make a basis for engineering geology mapping that allows, first at all, for planning and construction of the objects of infrastructure while saving natural

Summary

resources, and assessing territories that are sensitive to land pollution, floods, erosion, or seismic hazards. On the other hand, engineering geology mapping is used as a basis for environmental planning and disaster prevention assessments, also in detailed territorial planning of urban development and, taking into account natural conditions, for prediction of long-term urban strategies. Thirdly, the engineering geology information becomes a database for decision-makers, investment assessment, and national security.

Chapter 7, 'Protection of the Underground', by **VALENTINAS BALTRŪNAS** opens with a quotation from the Underground Law of the Republic of Lithuania, which states that protection of the underground encompasses activities and measures aimed to protect the valuable properties of the underground from physical, chemical, biological or other negative influence occurring as a result of natural processes or human activity, full or partial restoration of these properties, and rational exploitation of the underground resources. Negative impacts on the underground arise from natural processes or human economic activities. After the restoration of Lithuanian independence in 1990, the first editions of laws regulating the investigation, use, and protection of the underground were adopted. In the field of underground management, the responsibilities of state institutions are divided among the Government of the Republic of Lithuania, the Ministry of Environment, and the Lithuanian Geological Survey under the Ministry of Environment.

Numerous cases have been identified when mineral deposits have been built over, polluted by the enterprises established in water supply protection zones, or groundwater was polluted by industrial, agricultural objects and landfills, or large-scale energy facilities constructed near active tectonic faults. This led the Lithuanian Geological Survey and the Institute of Geology to initiate specialised research on the geological environment. Geological mapping focuses on identifying and mapping technogenic pollution sources and assessing groundwater vulnerability and dynamics. Based on fundamental geological data, a set of three maps at a scale of 1:50,000 were compiled: (1) surface litho-morphogenetic regionalisation map, (2) a geopotential map, and (3) an eco-geological (land-use regulation) map. The outcomes of these studies and map compilations were summarised in the national scientific programme 'Lithosphere' and the monograph *Lietuvos žemės gelmių raida ir ištekļiai* (2004; Evolution of Earth Crust and its Resources in Lithuania).

Experience gained over the last fifty or so years in constructing, operating, and monitoring the impact of major engineering structures on the underground enables the evaluation of planning, design, and

geological assessment of past errors. For instance, the Ignalina Nuclear Power Plant project was prepared without considering the potential seismicity of the region. The assessment of the geological environment and available data for the city of Šiauliai and its water supply areas revealed a complex geological and tectonic structure influencing the recharge of aquifers. In the northern part of Vievis, a town in Elektrėnai municipality, a large oil depot was designed, and tanks were installed in fine-grained, water-bearing sands exposed during earthworks. Economic considerations influenced the decision to locate the Vilnius regional municipal landfill in an abandoned gravel quarry in Kazokiškės.

Geological heritage sites are classified by legal status as state-protected nature monuments, state-protected geoheritage sites, and municipally protected geoheritage sites. Among nature reserves, the Law on Protected Areas distinguishes geological and geomorphological reserves. Among non-living nature heritage sites, geological, geomorphological, hydrogeological, and hydrographic types are listed. Currently, there are 273 state-protected geoheritage sites in Lithuania, including 130 nature monuments and 53 sites protected by municipalities.

To implement the provision of the Underground Law, to the effect that underground protection consists of purposeful actions and measures, it is essential to emphasise the necessity of geological environment research and evaluation within territorial planning, and in the documentation for the planning and design of specific objects. Among such activities, the development of geological environmental cartographic models (a set of special maps) of various scales is particularly relevant. The data presented and the issues discussed align with one of the priorities of the National Sustainable Development Strategy (version of 4 August 2011) – protection and management of natural resources. One of the key directions for achieving this priority in Lithuania is the conservation and utilisation of the country's natural environment and resources in cases of extreme situations.

In chapter 8, 'The Role of Subsurface Use in Sustainable Development', **SAULIUS GEGIECKAS** draws the reader's attention to the sustainable use and protection of subsurface resources and to the implementation of such global plans of action as, for example, 2030 Agenda for Sustainable Development, in Lithuania. Seeing the rapid depletion of the resources of the Earth and the pollution caused by humanity, progressive politicians, social activists, economists, and cultural figures are starting environmental and social movements. In response to this, the concept of sustainable development was for the first time officially presented in a 1987 report by the United Nations World Commission on Environment

Summary

and Development. According to this concept, 'sustainable development is development that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs'.

The author notes that in Lithuania, as in the rest of the world, the core meaning of the concept of sustainable development remains unclear, and the classic definition allows for various interpretations of the term. This makes it difficult to assess the subsurface utilisation from the perspective of sustainable development, as this topic has been hardly examined. The prevailing public opinion is that the extraction of subsurface resources is incompatible with nature conservation and, therefore, with sustainability. Furthermore, the term *gelmėnauda* (the approximate English term is 'subsurface use') is a Lithuanian neologism used only by some geology specialists, and its meaning is not defined in any legal acts or terminology dictionaries. The term 'subsurface utilisation' should be understood not only as the use of mineral resources or groundwater for the benefit of society but also as other valuable properties of the subsurface of the earth' (geothermal energy, subsurface cavities, a friendly geological environment, or a reliable foundation for buildings), as well as intangible phenomena that are important for the welfare and education of society.

When assessing geological activities and their prospects in Lithuania, there is an evident link between subsurface utilisation and Goal 6 (clean water and sanitation), Goal 7 (affordable and clean energy), and Goal 9 (industry, innovation and infrastructure) of the United Nations' 2030 Agenda for Sustainable Development.

Since only groundwater has been traditionally used in Lithuania, geologists not only find it and prepare it for exploitation but also protect it from pollution or unsustainable use.

Geologists are the main initiators of the use of deep geothermal energy and perform some of the most important work in harnessing shallow geothermal, wind, and solar energy. Sustainable industry could not develop and infrastructure projects, urban renewal, and expansion would come to a halt without mineral resources and engineering geological investigations.

It is easy to see the connection between geological activities and Goal 11 (sustainable cities and communities) and Goal 12 (responsible consumption and production) of sustainable development and even with such seemingly unrelated Goal 14 (life below water) or Goal 15 (life on land).

Overall, geology is one of the key scientific disciplines for the implementation of sustainable development, as it is based on a research-driven long-term perspective on the evolution of the Earth, and the current

practical activities of Lithuanian geologists are focused not on the exploration of mineral resources, but on their protection and the conservation of subsurface resources.

In chapter 9, 'The Final Remarks', **ALGIMANTAS GRIGELIS**, the executive editor of this monograph, reiterates the main reasons for writing this work, and one of the central ones was to show to the public what and how many useful minerals Lithuania has and to emphasise the role of these treasures from Earth in the country's economy, which is striving to achieve sustainable development goals.

According to the Constitution of the Republic of Lithuania, the depths of the Earth belong to the State, which is the sovereign of the state territory. The Underground Law regulates the rules for the management of these resources and establishes requirements for their rational use and protection. The Ministry of Environment and the State Geological Survey, which is subordinate to the ministry, are responsible for supervising activities in this area.

He points out that the spectrum of subsoil resources is very broad worldwide (mineral raw materials, metal ores and rare earth elements, underground drinking and mineral water, hydrocarbons, caustobiooliths, subsoil cavities or structures suitable for storage, geothermal energy, and geotechnical properties of soils important for construction) and provides a concise and precise summing up of the chapters of the monograph.

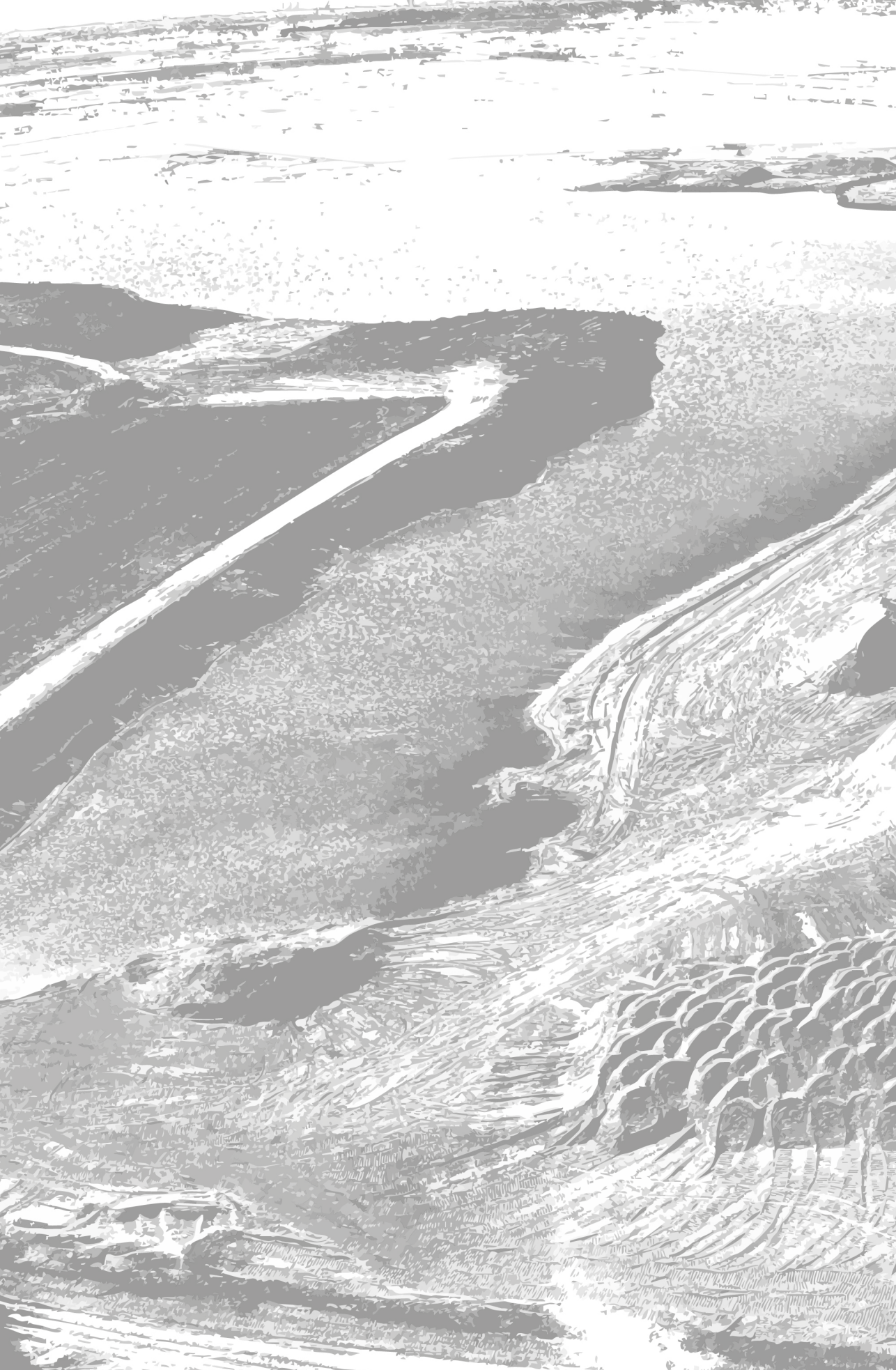
The 'Conclusions' draw attention to the fact that the team of the authors of the monograph promote the concept of sustainable development criteria declared by the United Nations and the European Union, which, on the one hand, provides for the protection of biological diversity and geological heritage, and on the other hand, sets goals that correspond to the importance of a deep scientific research and of safe exploration in creating a 'green-blue' sustainable economy. These goals include a sustainable environment, clean water, affordable food and housing, accessible and clean energy, and a dignified and safe living environment.

Lithuania has all the necessary local subsoil resources to create national prosperity and meet the needs of society. Although the field of geology is not large in terms of its scope of activity at the national level, it is absolutely necessary to ensure the smooth running of the country's economic activities. There is a triad operating in this field: (1) geology professionals needed by the country are trained at Vilnius University, (2) scientific research is conducted by Vilnius University, Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH), Klaipėda University, and the State Research Institute Nature Research Centre, (3) the needs of applied practical geology are met by geology, engineering geology, and hydrogeology

Summary

companies that join the Association of Geological Companies, as well as several oil exploration and production companies.

A concluding insight for society is that the Lithuanian geological community cherishes the noble traditions of its profession and is motivated and focused. Geology is an important part of the road map of a successful country, but the management models for this sector and the relevant fields of science are currently facing challenges, seem somewhat outdated, and are awaiting reforms.



ASMENVARDŽIŲ RODYKLĖ

- Achelonas, Gudni (Axelsson Gudni) 309
Atėnė 344
- Bagdavičiūtė, Ingrida 407
Baltrūnas, Valentinas 6, 14, 404, 406,
408, 414–416, 478, 508, 511
Bambalov 107
Batoras, Steponas 404
Banyš, Jūras 6, 7, 469, 501, 511
Budvietis, R. 54
Bruntlan, Gro Harlem (Brundtland Gro
Harlem) 431
- Cheopsas 344
- Dalinkevičius, Juozas 84, 346, 347, 419,
437, 502
Dartnelas, Levisas (Dartnell Lewis) 20, 21
Darvinas, Čarlzas Robertas (Darwin
Charles Robert) 12
Diliūnas, Jonas 164, 191
- Eridu 344
- Furmonavičius, Liudvikas Vytautas 448
- Gadeikis, Saulius 6, 398, 477, 507, 511
Gadeikienė, Sonata 386
Galosas, Kšyštofas (Galos Krzysztof) 325
Gasiūnienė, Vyda Elena 63, 72, 73
Gegieckas, Saulius 6, 435, 438, 453, 455,
457, 479, 509, 511
Gentvilas, Simonas 304, 307, 308, 441
Giedraitienė, Janina 235–237, 240
Giedraitis, Antanas Karolis 404
Giedraitis, Rytis 174, 176, 179, 180, 183,
188
Grigelis, Algimantas 6, 14–16, 280, 281,
288, 403, 417, 466, 470, 481, 502, 511
Gregoris Čarlzas (Gregory, Charles) 445
Gregorauskas, Marius 159, 160, 162, 164,
171, 173–189, 193, 196, 197, 201, 202
Gucevičius, Laurynas 346
- Hačepsuta 344
Hablis, Edvinas Paelis (Hubble Edwin
Powell) 9
- Hokingas, Stivenas Viljamas (Hawking
Stephen William) 9
- Ivanauskas, Tadas 404
- Jankauskas, Platonas 346
Januška, Vytautas Antanas 34
Jodelė, Pranas 346
Jogaila 22
Jokumaitis, Antanas 75
Jonynas, Jonas 407, 408
Jundzilas, Stanislovas Bonifacas 89
Juodkazis, Vytautas 149, 162, 178, 404,
406, 409
Juozapavičius, Ginutis 6, 40, 69, 70, 80,
101, 127, 417, 471, 503, 511
Jurgaitis, Algirdas 125, 128
Kadūnas, Kęstutis 16, 63, 70–75, 95–97,
134, 135, 144, 147, 153, 178, 191–194, 201,
202, 221–223, 225–227, 238, 239, 241, 242
Kadūnas, Valentinas 63, 72, 73, 95–97, 134
Kadūnienė, Elena Stefanija 256–258, 273
Kaku, Mičijas (Kaku Michio) 9
Kapustinskas, Povilas 333
Katinas, Vladas 86, 137
Kaveckis, Mykolas 77, 346, 347, 436, 447
Kerbedis, Stanislovas 346
Klimas, Algirdas 150, 152–154, 164, 165,
170–174, 176, 179, 183, 190, 192, 195,
219, 221, 230, 404
Kondratienė, Ona 78
Kondratas, Alfonsas 348, 404
Kūzik, Eleonora (Кузык Елеонора) 505
- Lapinskas, Petras 257, 274, 280
Laškova, Lidija 256, 257
Laškovas, Jevlampijus 257, 262–264, 270,
272, 273, 282, 322, 410, 411
Leinas, Nikolas Džeimsas (Lane Nicholas
James) 12
Linčius, Augustinas 90, 91, 404, 417
- Marcinonis, Antanas 154, 155, 189, 406,
409, 436
Marcinkevičius, Vytautas 366, 398, 410,
411
Marco Cosi 62

Asmenvardžių rodyklė

- Markšaitienė, Vera 292
Martinkėnas, Arvydas 313
Mikulėnas, Vidas 377, 378, 382, 384,
385, 408, 418
Mikšys, Ramutis Bonifacas 347, 366,
370–373, 398
Motuza Matuzevičius, Gediminas 6, 14,
255, 332, 333, 336–338, 405, 476, 506,
511
Muromceva, Varvara 288
- Narbutas, Vytautas 65, 68–70, 404
Nika, Nerijus 313
- Pūtys, Petras 149, 233, 236, 239, 240,
245
Paškevičius, Juozas 14
- Rapolienė, Lolita 313, 314
Razbadauskas, Artūras 313
- Sakalauskienė, Danutė 148, 149
Salamakinas, Valdemaras 69
Satkūnas, Jonas 34
Stankevičius, Valdas 81, 82
Stenas, Nikolausas (Steno Nicolaus) 11
Stirpeika, Algirdas 261, 266, 269, 271,
288
Suveizdis, Povilas 15, 270, 310, 337
- Šilėnas, Žilvinas 307
Šimkus, Jonas 346–348
Šimoliūnas, Jonas 346, 347
Šliaupa, Saulius 311, 314–316, 322, 412,
415–417
Šliaupienė, Rasa 318
Šliaupa, Aleksandras 406–408, 412
Štuopis, Anicetas 6, 166–168, 196, 197,
244, 245, 473, 504, 511
- Trakymas, Martynas 78
Trampas, Donaldas Džonas (Trump
Donald John) 253
- Vaičeliūnas, Ignas 6, 261, 262, 271, 273,
275–279, 295, 298, 417, 475, 505, 511
Valiūnas, Jurijus 403, 406–408, 412
Vaitkevičienė, Julija 407
Vebas, Sidnis Džeimsas (Webb Sidney
James) 9
Vėberis, Karlas Albertas (Weber Carl
Albert) 89
Vileišis, Petras 346, 446
Vodzinskas, Eduardas 404
- Zdanavičiūtė, Onytė 257, 260, 261, 273,
280, 283, 321
- Žvejas, J. 54



VIETOVARDŽIŲ RODYKLĖ

1 SKYRIUS

Baltijos sineklizė 15
Latvijos balnas 15
Mozūrijos-Baltarusijos anteklizė 15
Rytų Europos platforma 15

2 SKYRIUS

Adeno įlanka 20
Afrikos ugnikalniai 20
Akmenės r. 39, 43–46, 48–53, 63, 65, 70–73, 75, 76, 80, 84, 85, 97
Aknystos upelis, Anykščių r. sav. 80
Aleksandriškių smėlio ir žvyro telkinys, Trakų r. sav. 130
Alytus 100
Alytaus r. sav. 44, 46, 47, 49, 50, 127
Alių durpynas, Švenčionių r. sav. 109
Alkiškių klinties telkinys, Akmenės r. sav. 73
Alkiškių molio telkinys, Akmenės r. sav. 84
Alko svita 86
Alksnyne, Neringos sav. 137
Alsėdžių apylinkės, Plungės r. sav. 100
Anykščių r. sav. 44, 46, 47, 49, 50
Anykščių r. 42, 43, 45, 48, 77, 97
Anykščių kvarcinio smėlio karjeras 77–80, 82
Apaščios upė 127
Ašmenos aukštuma 89
Aukštumalos durpių telkinys, Šilutės r. sav. 89, 95, 96
Bajorų durpynas, Širvintų ir Ukmergės r. sav. 94
Baltijos aukštumos 51, 100, 121, 127, 130
Baltijos jūra 44, 46, 47, 121, 133
Baltijos ledyninis ežeras 121
Baltijos šalys 42
Barstyčių akmuo, Skuodo r. sav. 117
Birštono r. sav. 44–47
Biržų r. sav. 44, 46–50, 63, 65, 95, 136
Bogušiškių telkinių zona, Alytaus r. sav. 128
Bokštų klinties telkinys, Akmenės r. sav. 73
Butkų durpynas, Telšių r. sav. 92

Čedasų dolomito telkinys, Rokiškio r. sav. 48, 51, 63, 64, 65
Dangės senslėnis 129
Danija 27, 54
Daugai, Alytaus r. sav. 128
Didžioji Britanija 54, 97
Didžiojo tyrulio durpių telkinys, Radviliškio r. sav. 95
Dysnos limnoglacialinis baseinas, Ignalinos r. sav. 104
Dysnos molio telkinys, Ignalinos r. sav. 105
Drėverna, Klaipėdos r. sav. 137
Druskininkų r. sav. 44, 46, 47, 49, 50, 95, 114
Dubysos senslėnis 129
Dukstynos upelis, Ukmergės m. sav. 183
Dvarčionių gamykla, Vilniaus m. sav. 84
Eišiškių plynaukštė 121
Euroazija 20
Fenoskandija 137
Galų durpių telkinys, Ignalinos r. sav. 95
Gargždai, Klaipėdos r. sav. 126, 132
Gariūnų žvyro telkinys, Vilniaus m. sav. 129
Garliava, Kauno r. sav. 30, 54
Gervinio ežero sapropelio telkinys, Druskininkų sav. 114
Gineitiškių klinties telkinys, Trakų r. sav. 97
Gorainių akmenų druskos prognozinis plotas, Šilutės ir Šilalės r. sav. 136
Graužiniai, Vilkaviškio r. sav. 38, 125
Himalajų kalnynas
Ignalinos r. sav. 20
Indijos vandenynas 20
Indijos žemynas 20
Įstro svita 63, 65
Jomunčių tyro durpynas, Plungės r. sav. 91, 92
Jonavos r. sav. 35, 44–46, 48–51, 53, 126, 129
Joniškio r. sav. 44, 46, 47, 49, 50, 53, 63, 70
Juodkrantė, Neringos sav. 137, 138
Juodžių kreidos mergelio telkinys, Vilniaus r. sav. 76

Vietovardžių rodyklė

- Jurbarko r. sav. 44, 46, 47, 49, 50
Kaišiadorių r. sav. 44, 46, 47, 49, 50, 92, 125
Kalvarijos sav. 44, 46, 47, 49, 50, 125, 127
Kaliningradas, Rusija 134
Karališkių kreidos mergelio telkinys, Šakių r. sav. 76
Karmėlavos oro uostas, Kauno r. sav. 59
Karpatų kalnai, Lenkija 134
Karpėnų klinties telkinys, Akmenės r. sav. 73, 75
Kartena, Kretingos r. sav. 132
Kauno LEZ, Kauno m. sav. 59
Kauno miesto sav. 44–46, 48, 49, 50, 53, 54
Kauno r. 35, 43, 45, 53, 54, 101
Kavarskas, Anykščių r. sav. 80
Kazlų Rūda, Marijampolės r. 44, 46, 49
Kelmės r. sav. 44, 46, 47, 49, 50
Kertupio molio telkinys, Kaišiadorių r. sav. 105
Kintai, Šilutės r. sav. 137
Klaipėdos miesto sav. 44–46, 49, 50
Klovainių dolomito telkinys, Pakruojo r. sav. 65, 67–69
Kretingos r. sav. 44, 46, 47, 49, 50, 95
Krokuva, Lenkija 22
Krūnos molio telkinys, Kauno r. sav. 105
Kruojos svita 66, 69
Kukiškių kreidos mergelio telkinys, Varėnos r. sav. 76
Kuksos molio telkinys, Ignalinos r. sav. 105
Kupiškio r. sav. 35, 46, 47, 49, 50, 53, 126, 127
Kupiškio sluoksniai 126, 127
Kuršėnų molio telkinys, Šiaulių r. sav. 105
Kuršių marios 25, 137
Lapių kaimas, Kauno r. sav. 101
Lazdijų r. sav. 46, 47, 49–51
Lenkija 22, 27, 53, 134
Lėvens upė 127
Lydos plynaukštė, Lietuva; Baltarusija 89
Likėnų durpių telkinys, Biržų r. sav. 95
Liminėlio durpių telkinys, Zarasų r. sav. 95
Linkuvos gūbrys 126
Litorinos jūra 137
Margio I žvyro telkinys, Trakų r. sav. 125
Margių dolomito telkinys, Pakruojo r. sav. 69
Marijampolės r. sav. 43, 46, 47, 49, 50
Marijampolės r. 43, 46, 47, 49, 50
Marvelės laivybos uostas Nemune, Kauno m. sav. 59
Mašnyčios durpių telkinys, Druskininkų sav. 95
Matuizų kreidos mergelio telkinys, Varėnos r. sav. 76
Mažeikių r. sav. 46, 47, 49, 50
Medininkų aukštuma 121
Melnragės smėlio ir žvyro telkinys, Baltijos jūra 121, 133
Menčių klinties telkinys, Akmenės r. sav. 75, 97
Merešlėnų smėlio ir žvyro telkinys, Vilniaus r. sav. 129
Merkio upė 120
Via Baltica magistralė 59
Mielupių kreidos mergelio telkinys, Varėnos r. sav. 76
Minijos upė 132
Molėtų r. sav. 46, 47, 49, 50, 127
Molupių II molio telkinys, Raseinių r. sav. 105
Molupiai, Raseinių r. sav. 101
Mozambikas 20
Mūro Strėvininkų smėlio ir žvyro telkinys, Kaišiadorių r. sav. 125
Mūšos tyrelio durpių telkinys, Joniškio r. sav. 95
Narbučių dolomito ir klinties telkinys, Akmenės r. sav. 69, 75
Naujosios Akmenės svita 57, 70, 72, 75, 85
Negyvoji jūra 20
Nemunėlio upė 127
Nemuno svita 83, 85, 135
Nemuno upė 42, 76, 120, 132
Nemuno žemupio lyguma, Pagėgių sav. 42, 132, 134, 135
Neries upė 45, 120, 126, 132
Neringos miesto savivaldybė 43, 45
Nevėžio senslėnis 129
Nida, Neringos sav. 137
Olduvai tarpekliis, Tanzanija 21
Pabalių durpynas, Telšių r. sav. 94
Pagėgių sav. 42, 46, 47, 49, 50, 86, 88
Pagirių anhidrito telkinys, Kauno r. sav. 30, 42, 45, 54–56, 58, 59, 62
Pagirių-Kaišialakių smėlio ir žvyro telkinys, Vilniaus r. sav. 129

- Pajūrio akmens druskos prognozinis plotas, Šilalės r. sav. 136
 Pakruojo r. sav. 46–53, 63, 65, 66, 68, 76
 Pakruojo svita 66
 Palanga 44, 46, 47, 49, 95
 Palangos oro uostas 132
 Panevėžio miesto sav. 44–50
 Panevėžio r. sav. 46, 47, 49, 50
 Panevėžys 80, 126
 Papiškių smėlio ir žvyro telkinys, Vilniaus r. sav. 129
 Paseirės durpių telkinys, Druskininkų sav. 95
 Pasvalio r. sav. 25, 46, 47, 49, 50, 136
 Pervalka, Neringos sav. 137
 Petrašiūnų II dolomito telkinys, Pakruojo r. sav. 65, 68
 Petrašiūnų III dolomito telkinys, Pakruojo r. sav. 68
 Pyvesos upė 127, 136
 Platelių apylinkės, Plungės r. sav. 100
 Pliavinių svita 63, 135
 Plungės r. sav. 46, 47, 49, 50
 Priegliaus svita 53, 56, 57, 134, 135
 Prienių r. sav. 46, 47, 49, 50, 53, 54
 Puntuko akmuo, Anykščių r. sav. 117
 Purmalių mergelis 84
 Radviliškio r. sav. 43, 46, 47, 49, 50, 53
 Radviliškio r. 43, 46, 47, 49, 50, 53
 Ragučio alaus darykla, Kauno m. sav. 54
 Raseinių r. sav. 46, 47, 49, 50
 Raudonoji jūra 20
 Rauško ežero sapropelio telkinys, Šilalės r. sav. 114
 Rėkyvos durpių telkinys, Šiaulių r. sav. 95
 Rėkyvos ežeras, Šiaulių m. sav. 91
 Rietavo sav. 46, 47, 49, 50
 Rimkūnų II prognozinis gipso plotas, Pasvalio r. sav. 136
 Rinkūnų gipso telkinys, Pasvalio r. sav. 136
 Rinkūnų prognozinis gipso plotas, Pasvalio r. sav. 136
 Rytų Afrika 20, 21
 Rytų Afrikos riftas 20
 Rizgonių smėlio ir žvyro telkinys, Jonavos r. sav. 128, 129
 Rokiškio r. sav. 46, 47, 49–51, 63, 125
 Romato durpynas, Kaišiadorių r. sav. 92
 Ropėjos smėlio ir žvyro telkinys, Trakų r. sav. 130
 Rubikių ežeras, Anykščių r. sav. 100
 Rūsteikių telkinių zona, Zarasų r. sav. 128
 Sandrupio smėlio telkinys, Varėnos r. sav. 132
 Santakos smėlio ir žvyro telkinys, Jonavos r. sav. 129
 Sasnavos svita 135
 Savėlišio dolomito telkinys, Pakruojo r. sav. 69
 Sembos pusiasalis, Kaliningrado sritis, Rusija 137
 Serapiniškių II smėlio ir žvyro telkinys, Trakų r. sav. 130, 131
 Sirija 20
 Skaistgirio dolomito telkinys, Joniškio r. sav. 69, 70
 Skrudų stiklo ir formavimo smėlio telkinys, Latvija 82
 Skuodo r. sav. 46, 47, 49, 50
 Slovakija 27, 53
 Sniegių-Šemetų smėlio ir žvyro telkinys, Rokiškio r. sav. 125
 Stipinų svita 63, 65–69
 Stoniškių opokos telkinys, Pagėgių sav. 86, 87
 Stoniškių plotas, Pagėgių sav. 88
 Sulinkų durpynas, Radviliškio r. sav. 91, 95, 97
 Sulinkų durpių telkinys, Radviliškio r. sav. 97
 Suosos sluoksniai 63
 Suvalkija 93
 Šakių r. sav. 46, 47, 49, 50, 76
 Šalčininkų r. sav. 46, 47, 49, 50
 Šaltiškių II molio telkinys, Akmenės r. sav. 84, 85
 Šaltiškių molio telkinys, Akmenės r. sav. 84
 Šarkiškių kreidos mergelio telkinys, Varėnos r. sav. 76
 Šiaulių m. sav. 53, 93
 Šiaulių r. sav. 46, 47, 49, 50, 53, 93
 Šiaurės Vokietija 53
 Šilalės r. sav. 46, 47, 49–51, 114
 Šilutės r. sav. 46, 47–51, 53
 Šiluvos tyrelio durpių telkinys, Kelmės r. sav. 95
 Šimonių giria, Anykščių r. sav. 127
 Širvintų r. sav. 46, 47, 49, 50
 Švenčionių r. sav. 46, 47, 49, 50
 Šventininkų smėlio ir žvyro telkinys, Trakų r. sav. 130
 Šventosios slėnis, Ukmergės r. sav. 43, 83, 129

Vietovardžių rodyklė

Šventosios svita 78, 80, 83, 84, 135
Tatrų kalnai, Lenkija 134
Tatulos svita 136
Tauragės molio telkinys, Tauragės r. sav. 105
Telšių r. sav. 46, 47, 49, 50
Tenžės durpių telkinys, Kretingos r. sav. 95
Trakėnų smėlio ir žvyro telkinys, Kalvarijos sav. 125
Trakų r. sav. 46, 47, 49–51, 53
Trakų r. 46, 47, 49, 50, 97, 116, 125, 130, 135, 143
Ukmergė 43, 84
Ukmergės molio telkinys, Ukmergės m. sav. 83, 84
Ukmergės r. sav. 46, 47, 49, 50
Usėnų druskos telkinys, Šilutės r. sav. 48, 134–136
Utenos r. sav. 44, 46, 47, 49, 50, 127
Užventis, Kelmės r. sav. 47
Valkavyskas, Baltarusija 21, 22
Varėnos r. 43–46, 49, 50, 76, 117, 130, 132
Vegerių klinties telkinys, Akmenės r. sav.
Velička, Lenkija 75
Venta, Kelmės r. sav. 132
Viešintų gėlavandenės klinties telkinys, Anykščių r. sav. 97
Vilkaviškio r. sav. 38, 44, 46, 47, 49, 50, 126
Vilniaus m. sav. 44–50
Vilniaus r. sav. 45–47, 49–51, 76, 129, 130
Vilnius 45, 46, 49, 50, 84, 89, 93, 96, 129, 130, 133
Vinkšninių dolomito telkinys, Biržų r. sav. 65
Visagino sav. 44, 46, 47, 49
Vokės upė 120
Voriškių kreidos mergelio telkinys, Varėnos r. sav. 76
Zarasų r. sav. 44, 46, 47, 49–51, 112, 127, 128
Žagarės svita 63, 69, 70
Žeimenos upė 120
Žemaičių aukštuma 100, 104, 121, 125–127, 132
Žemaitija 51, 59, 93
Žemaitkiemio plotas 86–88
Žiemgalos lyguma 126
Žvilių akmens druskos prognozinis plotas, Šilalės r. sav. 136

3 SKYRIUS

Abromiškės, Elektrėnų sav. 229, 232
Adučiškis, Švenčionių r. sav. 206
Akmenė 180, 192, 212
Alytus 154, 164, 171, 190, 193, 194, 196, 202, 224
Alovė, Alytaus r. sav. 215
Anykščiai 189, 229, 232
Ariogala, Raseinių r. sav. 187, 209, 211, 215
Ašmenos aukštuma 148, 166, 167, 168, 169, 170
Aukštaičių aukštuma 165, 166, 169, 170
Aukštieji Paneriai, Vilniaus m. sav. 174
Balbieriškis, Prienų r. sav. 215
Baltoji Vokė, Šalčininkų r. sav. 206
Bauskė, Latvija 185
Bezdonys, Vilniaus r. sav. 208
Birštonas 152, 154, 164, 176, 215–218, 220, 221, 229, 230, 237
Biržai 184, 185, 189, 198, 201, 240
Daugai, Alytaus r. sav. 170, 206, 209, 225
Daugpilis, Latvija 223
Dauguvos upė, Latvija 198, 200, 201
Dieveniškės, Šalčininkų r. sav. 205
Dotnuva, Kėdainių r. sav. 145, 198, 201, 209, 211
Druskininkai 152, 164, 169, 176, 215, 217, 218, 220, 221, 229, 230
Dubysos upė 159–161
Eiguliai, Kauno m. sav. 164
Eišiškės, Šalčininkų r. sav. 206, 214
Elektrėnai 153, 178, 232
Gargždai, Klaipėdos r. sav. 174, 178, 213, 215
Gelgaudiškis, Šakių r. sav. 217
Giedraičiai, Molėtų r. sav. 206
Įstro upė 183–187, 210, 212, 220
Jankiškės, Vilniaus m. sav. 164
Jelgava, Latvija 185, 187
Jonava 178, 189, 209, 210, 214, 240
Jūros upė 225
Kaišiadorys 178, 209, 223
Kalvarija 173
Kaliningradas, Rusija 219, 223
Karaliaus Vilhelmo kanalas, Klaipėdos r. sav. 154
Kaunas 164, 175–177, 190, 193, 194, 196, 198, 199, 201, 202, 215, 223, 224, 232
Kazlų Rūda, Marijampolės r. 148, 217, 220
Kėdainiai 145, 154, 184–189, 198, 201, 209, 210

- Kelmė 178, 181, 183, 192, 221, 223, 224
 Kybartai, Vilkaviškio r. sav. 173, 217
 Klaipėda 154, 165, 174, 177–181, 190, 192–194, 196, 202, 209, 213, 214, 217, 221, 222, 224, 238
 Kleboniškis, Kauno m. sav. 164
 Kretinga 175, 177, 178, 193, 221, 238
 Kruojos upė 176, 180, 214
 Kudirkos Naumiestis, Šakių r. sav. 215
 Kupiškis 183–187, 210, 212
 Kuršėnai, Šiaulių r. sav. 178, 183, 209, 212
 Kuršių marios 164, 174
 Kuršių nerija 197, 198, 201, 217
 Latvija 177, 179, 185, 193, 194, 196, 209
 Laugaliai, Klaipėdos r. sav. 224
 Lavoriškės, Vilniaus r. sav. 206
 Lazdijai 172
 Lentvaris, Trakų r. sav. 163
 Lielupės upė, Latvija 198–201
 Liepoja, Latvija 179
 Likėnai, Biržų r. sav. 229, 231
 Marijampolė 173, 190, 193, 194, 196, 202, 217, 218, 220, 224
 Mažeikiai 180, 181, 192, 208, 213, 224
 Merkinė, Varėnos r. sav. 166, 225
 Merkio upė 159–161, 174, 215, 217, 219, 220
 Minijos upė 159–161, 169
 Narva, Estija 184, 188, 209
 Naujoji Akmenė, Akmenės r. sav. 212
 Nemenčinė, Vilniaus r. sav. 208
 Nemėžis, Vilniaus r. sav. 226
 Nemuno upė 153, 159–161, 164, 166–170, 173, 174, 176–178, 193–201, 209, 215, 217–222, 224, 229, 230, 238
 Neringa 165
 Neries upė 159–161, 164, 168, 178, 188, 193, 194, 196, 198, 199, 201
 Nevėžio upė 159–161, 188, 189, 195, 198, 199, 201, 219, 220
 Pagėgiai 217, 237
 Pakruojis 180, 181, 182, 189, 209, 210, 212
 Palanga 177, 179, 180, 181, 213, 214, 229, 231, 232
 Pamarys 166, 197, 198, 201, 217, 224
 Pamūšis, Pakruojo r. sav. 177, 182–184, 212, 220
 Panevėžys 184, 185, 187–190, 193, 194, 196, 202, 224
 Plungė 192, 211, 222, 224
 Priegliaus upė, Kaliningrado sr., Rusija 159–161
 Priekulė, Šilutės r. sav. 213, 217
 Prienai 217, 223
 Puvočiai, Varėnos r. sav. 215
 Raseiniai 164, 175, 177, 181, 183, 195, 211–214, 221, 224
 Rietavas 213, 214
 Rygos įlanka, Latvija 179
 Rokiškis 185–187, 189, 239
 Rūdiškės, Trakų r. sav. 225
 Salantai, Kretingos r. sav. 178, 209, 211
 Seda, Mažeikių r. sav. 178, 212
 Senieji Trakai, Trakų r. sav. 226
 Skaudvilė, Tauragės r. sav. 209, 211, 215
 Skuodas 193, 222, 224, 238
 Smalininkai, Jurbarko r. sav. 148, 215, 217
 Sudervė, Vilniaus r. sav. 225
 Sūduvos aukštuma 165–167, 169, 170, 173
 Suosos ežeras 183, 184, 186, 187, 210, 212
 Šakiai 154, 173, 174, 216, 223
 Šalčininkai 169
 Šešupės upė 159–161, 172, 173, 195, 215–218, 220, 221
 Šiauliai 154, 180–183, 185, 187–190, 192–194, 196, 202, 209
 Šilalė 169, 221, 222, 224
 Šilutė 174, 216, 217, 221
 Širvintos 224, 238
 Šumskas, Vilniaus r. sav. 206, 226
 Švėkšna, Šilutės r. sav. 213, 217
 Švenčionėliai, Švenčionių r. sav. 206
 Švenčionys 166, 167, 169, 170, 190, 208, 225
 Švenčionių aukštuma 166, 167, 169, 170
 Šventosios upė 159, 160, 161, 188, 189, 219
 Šventoji, Palangos sav. 178, 180, 181
 Švėtė, Šiaulių r. sav. 180
 Tatulos upė 183–187, 210, 212, 219, 220
 Tauragė 169, 202, 208, 217, 221, 224
 Telšiai 178, 192, 202, 212, 222, 224, 232, 246
 Trakų Vokė, Vilniaus m. sav. 164
 Trinapolis, Vilniaus m. sav. 164
 Tverečius, Ignalinos r. sav. 206, 208, 225
 Ukmergė 189, 239
 Upyna, Šilalės r. sav. 212
 Upninkai, Jonavos r. sav. 184, 187, 188, 189, 209, 211, 228, 232
 Utena 189, 190, 202, 246
 Vakarų Aukštaičių plynaukštė 166
 Varėna 163, 177, 217, 218, 220

Vietovardžių rodyklė

Varniai, Telšių r. sav. 209
Ventos upė 177, 179, 197–199, 201
Viduklė, Raseinių r. sav. 211
Vievis, Elektrėnų sav. 206
Vilkaviškis 173, 195
Vilkija, Kauno r. sav. 217
Vilnius 154, 164, 171, 178, 190, 193–196, 198, 199, 201, 202, 208, 232, 240
Virbalis, Vilkaviškio r. sav. 217
Visaginas, Ignalinos r. sav. 189
Zarasai 189, 209, 239
Žagarė, Joniškio r. sav. 176, 180, 192, 240, 243
Žeimenos upė 159–161, 208
Žemaičių plynaukštė 166, 169, 170
Žiežmariai, Kaišiadorių r. sav. 214

4 SKYRIUS

Ablingos naftos telkinys, Klaipėdos ir Plungės r. sav. 256, 264, 265, 291, 292, 294, 301, 310
Agluonėnų naftos telkinys, Klaipėdos r. sav. 264, 269, 292, 301
Akmenės pakopa 279
Auksoro naftos telkinys, Klaipėdos r. sav. 272, 292, 301
Baltijos įduba (sineklizė) 254, 256, 259, 261, 274, 310
D3 struktūra, Baltijos jūra, Lietuvos ekonominė zona, apie 60 km į vakarus-šiaurės vakarus nuo Nidos) 285
D5-1 grėžinys, Baltijos jūra, Lietuvos ekonominė zona, 30 km į vakarus nuo Juodkrantės 262, 282
D6 naftos telkinys, Baltijos jūra, Rusijos ekonominė zona, apie 26 km į vakarus nuo Nidos 283, 285
D6 Južnoje naftos telkinys, Baltijos jūra, Rusijos ekonominė zona, apie 26 km į vakarus nuo Nidos 262, 283
D29 naftos telkinys, Baltijos jūra, Rusijos ekonominė zona, apie 34 km į pietvakarius nuo Nidos 262, 283, 285
D33 naftos telkinys, Baltijos jūra, Rusijos ekonominė zona, apie 60 km į vakarus-šiaurės vakarus nuo Nidos 262, 283, 285
D33-1 grėžinys, Baltijos jūra, Rusijos ekonominė zona, apie 60 km į vakarus-šiaurės vakarus nuo Nidos 285
D41 naftos telkinys, Baltijos jūra, Rusijos ekonominė zona, apie 50 km į pietvakarius nuo Nidos 262, 283, 285
Dieglių-8 grėžinys, Klaipėdos r. sav. 291

Dieglių-1 grėžinys, Klaipėdos r. sav. 300
Dieglių naftos telkinys, Klaipėdos r. sav. 264, 265, 267–269, 292, 293, 294, 301
Gargždų-1 grėžinys, Klaipėdos r. sav. 272, 288, 291
Gargždų pakopa (Gargždų pakilumų zona) 264
Genčių-3 grėžinys, Kretingos r. sav. 292
Genčių naftos telkinys, Kretingos r. sav. 270, 271, 292–296, 301, 320, 321
Girkalių naftos telkinys, Palangos miestas ir Klaipėdos r. sav. 256, 261, 270, 292, 301, 321
Kintų struktūra, Šilutės r. sav. ir Kuršių marios 264, 265, 283, 324
Kybartų naftos telkinys, Vilkaviškio r. sav. 273
Klaipėdos pakopa 263–264
Kretingos naftos telkinys, Kretingos r. sav. 270, 292, 294, 301
Kudirkos-1 grėžinys, Šakių r. sav. 275, 276
Kudirkos rifas, Šakių ir Vilkaviškio r. sav. (prie Kudirkos Naumiesčio) 274, 275
Lapgirių-1 grėžinys, Jurbarko r. sav. 274, 276, 310
Lapgirių-123 grėžinys, Jurbarko r. sav. 274
Lauksargių naftos sancaupa, Šilutės r. sav. 262
Lenkijos Baltijos jūros sektorius 256
Lenkijos Baltijos jūros ekonominė zona 259
Lietuvos Baltijos jūros ekonominė zona 262, 281, 282
Lietuvos Baltijos jūros šelfas (priekrantės ir ekonominė zona) 262, 272, 283, 284, 287
Lyžių naftos telkinys, Klaipėdos r. sav. 272, 292
Mažeikių pakopa 262–263, 279
Meškinės-1 grėžinys, Šilutės r. sav. 309
Meškinės-3 grėžinys, Šilutės r. sav. 309
Nausodžio naftos telkinys, Kretingos r. sav. 270, 294, 301
Pietų Šiūparių-5 grėžinys, Klaipėdos r. sav. 277, 278, 280
Pietų Šiūparių naftos telkinys, Klaipėdos r. sav. 262, 265
Pocių-4 grėžinys, Šilutės r. sav. 277, 278, 280
Pocių-7 grėžinys, Šilutės r. sav. 278, 279, 280
Pocių naftos telkinys, Šilutės r. sav. 264, 265, 267, 269, 291, 292, 294, 301

PŠ-2A1 grėžinys, Klaipėdos r. sav. 300
 Ramučių-1 grėžinys, Šilutės r. sav. 309
 Rietavo įdauba 272
 Rytų Europos platforma 254
 Sakučių naftos telkinys, Klaipėdos, Šilutės r. sav. ir Kuršių marios 264, 283, 292, 298, 301, 320
 Syderių-1 grėžinys, Telšių r. sav. 270
 Syderių struktūra, Telšių r. sav. 318, 319
 Skomantų-1 grėžinys, Šilutės r. sav. 273, 278, 280, 289
 Šilalės naftos telkinys, Šilutės r. sav. 256, 272, 292, 301
 Šiuparių naftos telkinys, Klaipėdos r. sav. 264, 265, 269, 291, 292, 294, 301
 Šlapgirių-1 grėžinys, Telšių r. sav. 310
 Tauragės iškilimas 272
 Telšių lūžis 260, 270, 279
 Telšių pakopa (volas) 263, 270
 Tidiko-1 grėžinys, Jurbarko r. sav. 274, 276, 277
 Teiserio-Tornkvisto linija 254, 255, 260, 261
 Uoksų naftos telkinys, Šilutės r. sav. 292, 301
 Vakarų Klaipėdos pakopa 263
 Vakarų Nidos pakopa 263
 Vaškų geologinė struktūra, Pasvalio r. sav. 318, 322
 Vežaičių naftos telkinys, Klaipėdos r. sav. 264, 265, 291–294, 301, 320
 Vidurio Baltijos antroji pakopa 263–264
 Vidurio Baltijos pirmoji pakopa 263–264
 Vieviržėnų plotas, Klaipėdos r. sav. 256
 Vilkaviškio-135 grėžinys, Vilkaviškio r. sav. 274
 Vilkyčių-22 grėžinys, Klaipėdos r. sav. 300
 Vilkyčių naftos telkinys, Klaipėdos ir Šilutės r. sav. 264, 265, 269, 291–294, 301, 320, 321
 Virbalio-5 grėžinys, Vilkaviškio r. sav. 272, 288
 Vydmantų-1 grėžinys, Kretingos r. sav. 315
 Žalgirių-1 grėžinys, Šilutės r. sav. 315

5 SKYRIUS

Barčiai, Varėnos r. sav. 334
 Dniepro-Dono riftas 337
 Druskininkai 333
 Elkas (Lukas), Lenkija 337
 Glūko ežeras, Varėnos r. 334
 Kabeliai, Varėnos r. sav. 334, 337–339

Marcinkonys 338
 Mergežeris, Varėnos r. sav. 334
 Merkinė 333, 337
 Mlava, Lenkija 337
 Pišas, Lenkija 337
 Šklėriai, Varėnos r. sav. 338
 Varėna 331–339
 Zervynos, Varėnos r. sav. 331

6 SKYRIUS

Aleksotas, Kaunas 378
 Amaliai, Kaunas 379
 Antroji Melnragė, Klaipėda 381
 Armališkės, Kaunas 376
 Aukštieji Kaniūkai, Kaunas 378
 Aukštutinė pilis 385
 Ažubaliai, Biržų r. 383
 Baltijos posvitė 355, 363, 379, 395
 Baltijos jūros pakrantė 354
 Bekešo kalnas, Vilnius 374
 Birutės kalva, Palanga 381
 Biržai 383, 384, 398
 Biržų r. 382, 383, 384, 385
 Bukčiai, Vilnius 376, 378
 Būtingė, Palangos m. sav. 381
 Dainavos-Žemaitijos tarpmoreninis vandeningasis sluoksniu 356
 Danės g., Klaipėda 385
 Daumėnai, Biržų r. 384
 Didžiojo Vandens g., Klaipėda 385
 Domeikava, Kaunas 378
 Drąseikiai, Biržų r. 384
 Dvarčios upė, Vilniaus r. 376
 Gandingos piliakalnis, Plungės r. 375
 Gedimino kalnas, Vilnius 374, 376–378
 Gedimino kalno nuošliauža, Vilnius 374, 377
 Gedimino kalno pietrytinis šlaitas, Vilnius 378
 Gedimino kalno viršus, Vilnius 377
 Gedimino pilis, Vilnius 376
 Girstupio upė, Kauno r. 376
 Giruliai, Klaipėda 381
 Grūda 363, 365
 Grūdų posvitė 379, 395
 Islandijos g., Vilnius 385
 Įstro svita 388
 J. Bakanausko g., Kaunas 378
 Jiesios upė, Prienų, Kauno r. ir Kaunas 376, 379
 Joninių karstinė įgriuva 373
 Juodkrantė, Neringos m. 381
 Karajimiškis, Biržų r. 383, 384

Vietovardžių rodyklė

- Karaliaus Mindaugo prospektas, Kaunas 380
Karoliniškės, Vilnius 376
Kaunas 376, 378, 379, 380, 385, 397, 398
Kauno marios, Kauno r. 376, 379
Kepėjų g., Klaipėda 385
Klaipėda 347, 381, 385, 398
Kleboniškis, Kaunas 380
Kopgalis, Klaipėda 381
Kryžiai, Vilnius 376, 378
Kuksos molio telkinys, Ignalinos r. 375
Kuršių nerija 354, 381
Latvija 381
Liudvinavas, Vilnius 378
Liūdesio al., Kaunas 378
Mantagailiškis, Biržų r. 384
Markučiai, Vilnius 376, 378
Marvelės g., Kaunas 380
Marvelės upė, Kauno r. 376, 378
Medininkų svita 365, 379
Medininkų-Grūdų tarpmoreninės nuogulos 356
Moliūnai, Pasvalio r. 385
Monciškės, Palangos m. sav. 381
Nemuno upė 374, 376, 378, 380
Nemuno upės slėnis, Jurbarko r. 374, 376, 378, 380
Neries upė 376, 378, 380
Nida, Neringos m. 381
Olando kepurė, Klaipėdos r. 381, 382
Ožkiniai, Vilnius 376
Palanga 381
Palemonas, Kaunas 376, 379
Pamūšio svita 388
Panemunė, Kaunas 380
Panevėžio r. 382, 398
Pasvalio r. 352, 382, 384
Pasvalys 373, 383, 398
Paupio g., Vilnius 385
Pažaislis, Kaunas 379
Petrašiūnai, Kaunas 380
Pietų Lietuva 363
Pilies g., Vilnius 385
Pylimo g., Vilnius 385
Plazės ežeras, Klaipėdos r. 381
Pranciškonų g., Vilnius 385
Preila, Neringos m. 381
Pumpėnų sen., Pasvalio r. 385
Puškoniai, Pasvalio r. 384
Radviliškio r. 382
Rašnavos molio telkinys, Kauno r. 375
Riešės upė, Vilniaus r. 376
Rokantiškės, Vilnius 376
Rusija 346, 381, 398
Sąnašos g., Kaunas 379
Santarvės g. 29, Kaunas 378
Savanorių g. 51, Kaunas 378
Sėmenos upė, Kauno r. 376
Senamiestis, Kaunas 380
Seredžius, Jurbarko r. 374
Slėnio g., Kaunas 376
Smiltynė, Klaipėda 381
Subačiaus g., Vilnius 385
Šiaurės Lietuva 363
Šiaurės Lietuvos karstinis rajonas 348, 382, 384 397
Šiaurės Lietuvos ter. 354
Šiaurės vakarinis Gedimino kalno šlaitas, Vilnius 377
Šlaito g., Kaunas 379
Šv. Ignoto g., Vilnius 386
Tatulos svita 388, 383
Tauragės molio telkinys, Tauragės r. 375
Tomo g., Klaipėda 385
Tonribio karjeras 375
Turnišškės, Vilnius 374, 376, 378
Užubaliai, Biržų r. 385
Užupio g., Vilnius 385
Vaidilos g., Kaunas 380
Valakupiai, Vilnius 376
Veiverių g. 50, Kaunas 378
Verkių g., Kaunas 376, 378
Veršvos upė, Kauno r. 376
Veržuva, Vilnius 378
Vidurio Lietuva 363
Vilijampolė, Kaunas 380
Vilpkėdė, Vilnius 375, 376
Vilnios upė, Vilnius 376, 378
Vilnius 347, 350, 374–376, 378, 386, 398
Vilniaus arkikatedra 385
Vokės upė, Vilniaus r. 376, 378
Viršutinio Nemuno nuogulos 355
Žalčio karūnos alėja, Kaunas 378
Žaliakalnis 378
Žemaitijos-Medininkų tarpmoreniniai smėliai 360
Zuikinė, Kaunas 379
Žvejų g., Klaipėda 385

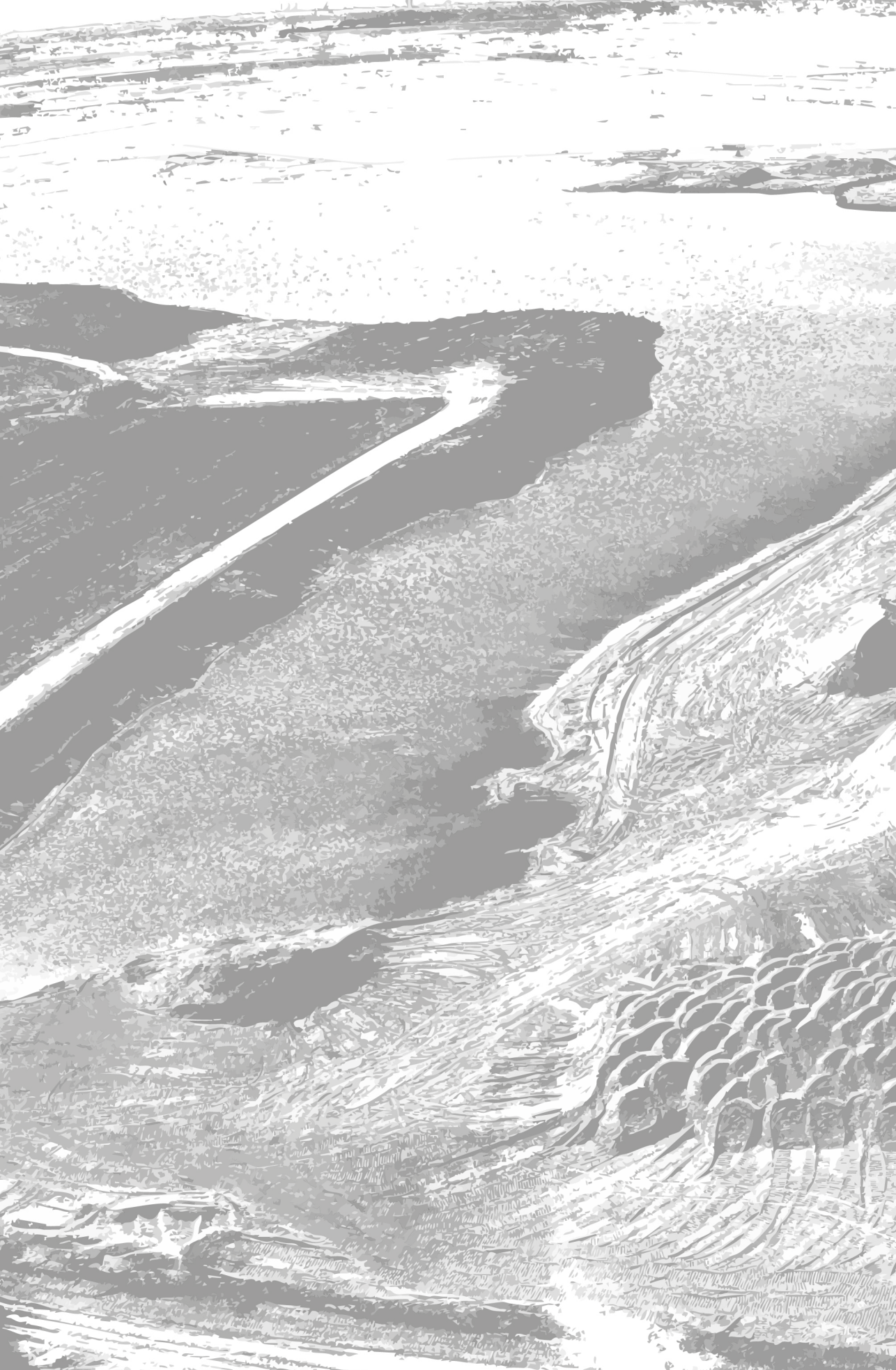
7 SKYRIUS

- Akmenės r. sav. 408, 419
Alytaus r. sav. 408
Anisimovičių grabenas, Zarasų r. sav.;
Baltarusija 410, 411
Apvardų ežeras 410

- Daumantų atodanga, Anykščių r. sav. 424
 Drūkšių grabenas, Zarasų r. sav.; Baltarusija 410, 411
 Gelionių duobė, Trakų r. sav. 423
 Gros Morne nacionalinis parkas, Niufaundlandas, Kanada 403
 Ignalinos AE, Ignalinos r. sav. 409–411
 Jonišio r. sav. 408, 422
 Ignalinos r. sav. 408
 Karalienės liūnas, Anykščių r. sav. 423
 Karvės ola, Biržų r. sav. 422
 Karijotiškių komunalinių atliekų sąvartynas, Trakų r. sav. 414
 Kauno m. sav. 408, 421
 Kazokiškių karjeras, Elektrėnų sav. 414
 Kazokiškių komunalinių atliekų sąvartynas, Elektrėnų sav. 414–416
 Kuršių marios, Klaipėdos r. sav. 417
 Maišiagalos seniūnija, Vilniaus r. sav. 414
 Marijampolės r. sav. 408
 Mažeikių r. sav. 408
 Moko ir jo „sūnaus“ akmenys, Ukmergės r. sav. 423
 Neries upė 414, 415, 416
 Neries regioninis parkas, Vilniaus r., Trakų r. ir Elektrėnų sav. 415
 Netiesų atodanga Varėnos r. 420
 Obolės ežeras 410
 Papilės atodanga, Akmenės r. sav. 419, 420, 424
 Pašventupio (Puntuko „brolio“) akmuo, Anykščių r. sav. 419, 423
 Pietų Drūkšių pakilimas, Ignalinos r. sav. 410
 Pipiriškių geomorfologinis draustinis, Elektrėnų sav. 415
 Poguliankos grėžinys (dabar Savanorių pr. 1), Vilniaus m. sav. 404
 Prienų r. sav. 408
 Puntuko akmuo, Anykščių r. sav. 419
 Puokės akmuo, Skuodo r. sav. 419
 Pūčkorių atodanga, Vilniaus m. sav. 420
 Raigardo slėnis, Druskininkų sav. 423
 Rėkyvos ežeras, Šiaulių m. sav. 412
 Rėkyvos vandenvietė 413
 Ričių ežeras 410
 Rytų Drūkšių pakilimas, Zarasų r. sav.; Baltarusija 410
 Rokų atodanga, Kauno m. sav. 421
 Skalių kalnas, Pasvalio r. sav. 421
 Smalvo ežeras 410
 Snaigupėlės atodanga, Druskininkų sav. 424
 Šalčininkų r. sav. 408
 Šatrijos kalnas, Telšių r. sav. 423
 Šeškinės ozas, Vilniaus m. sav. 423
 Šiaulių m. sav. 408, 412, 413
 Šiaurės Zarasų pakopa, Zarasų r. sav. 410
 Talšos ežeras 412
 Trakų r. sav. 414, 422
 Ūlos akis, Varėnos r. sav. 423
 Varėnos r. sav. 408, 420, 423
 Velniapilio uola, Biržų r. sav. 421
 Velnio duobė, Trakų r. sav. 423
 Ventos-Dubysos kanalas, Šiaulių r. ir Kelmės r. sav. 404
 Vetygalos atodanga, Anykščių r. sav. 421, 424
 Vievio naftos produktų bazė, Elektrėnų sav. 414, 415
 Vievis, Elektrėnų sav. 415
 Vilniaus m. sav. 404, 408, 420
 Vilniaus r. sav. 408, 414
 Vingrių šaltiniai, Vilnius m. sav. 414
 Visagino ežeras 410
 Žagarės ozas, Jonišio r. sav. 423
 Žalsvasis šaltinis, Pasvalio r. sav. 423
 Zoknių aerodromas, Šiaulių m. sav. 414
- 8 SKYRIUS**
 Akmenės r. 452, 453, 454
 Akmenos upė 447
 Anglija 445
 Aukštumalos aukštapelkė 457
 Bernardinų (Sereikiškių) vandenvietė, Vilnius 436
 Elektrėnai 456
 Ežerėlio durpynas, Kauno r. sav. 457
 Ignalina 448
 Jonišio r. 452–454
 Jurbarkas 452
 Karelija 452
 Karpėnai, Naujoji Akmenė 453
 Kaunas 436, 437, 441, 446, 447, 451, 452
 Kauno marios 455
 Kauno r. 457
 Kėdainiai 441
 Kybartai 446
 Klaipėda 440
 Klaipėdos r. 440
 Kleboniškis, Kaunas 436

Vietovardžių rodyklė

- Klovainių karjeras, Pakruojo r. 453
Lampėdžių karjeras, Kaunas 452
Menčių karjeras, Akmenės r. 454
Naujoji Akmenė 454, 456
Nemuno upė 446, 447
Neries upė 446
Novaraisčio durpynas, Šakių r. 456, 457
Pakruojis 452, 453
Pakruojo r. 452
Paneriai, Vilnius 446
Panevėžys 448
Papilė, Akmenės r. 454
Petrašiūnų karjeras, Pakruojo r. 453
Rail Baltica (geležinkelis) 449
Sankt Peterburgas 446
Savanorių pr. 1, Vilnius 435
Sereikiškių parkas, Vilnius 436
Skaistgirys, Joniškio r. 453
Šakių rajonas 456
Šaltiškių karjeras, Akmenės r. 454
Šiaurės Lietuvos karstinis rajonas 448
Vakarų Lietuvos geoterminė anomalija 440, 441
Varšuva 446
Ventos upė 454
Via Baltica (magistralė) 449
Viekšniai, Mažeikių r. 437
Vingrių šaltiniai, Vilnius 436
Vilnius 435, 436, 446, 447, 450, 456
Žagarės ozas, Joniškio r. 454
Žemaičių plentas (kelias) 446, 447



Apie knygos autorius

JŪRAS BANYS – fizikas, habilituotas fizinių mokslų daktaras, profesorius, Lietuvos mokslų akademijos tikrasis narys (akademikas) ir prezidentas (2018–2026), Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto mokslininkas. Jo pagrindinės tyrimų kryptys: gardelės dinamika, feroelektra, struktūriniai faziniai virsmai, dipoliniai stiklai, relaksoriai, dielektrinė spektroskopija, multiferoikai, kompozitai, elektronų paramagnetinis rezonansas (EPR).



Fizika visada buvo ir yra glaudžiai susijusi su geologija ir mineralais – tai kristalai, jų struktūra ir fizikinės savybės. Nuo vaikystės mane domino kristalai, ir būtent tai atvedė į fiziką. Ši sritis yra labai artima geologijai – mokslui, padedančiam suprasti Žemę: jos kilmę, amžių, sandarą, paviršių ir gelmes. Geologija jungia gamtos mokslus ir technologijas, siekdama atskleisti ne tik fizinę planetos struktūrą, bet ir ryšius tarp jos sluoksnių bei gyvybės raidos. Litosfera, hidrosfera ir atmosfera sudaro materialųjį pagrindą gyvybės sferai, o žmogaus sukurta antroposfera kelia iššūkių darniai šių turtų apsaugai ir naudojimui. Kyla klausimas: ar sugebėsime išmintingai ir tvariai naudoti tai, ką gavome iš gamtos, palikdami šiuos išteklius ir būsimosioms kartoms? Lietuvoje geologai – nuo gelmių žvalgų iki gruntų tyrėjų – dirba vadovaudamiesi darnaus vystymosi principais, kad šalis galėtų augti, išlaikydama pusiausvyrą tarp ekonomikos plėtros ir gamtos išsaugojimo.

ALGIMANTAS GRIGELIS –

geologas, paleontologas, mokslo istorikas, habilituotas mokslų daktaras, profesorius, Lietuvos mokslų akademijos narys (akademikas), regioninės ir jūrų geologijos tyrėjas, Valstybinio mokslinių tyrimų instituto Gamtos tyrimų centro mokslininkas.

Geologija man davė begalinį laiką, astronomija – begalinę erdvę.

Akad. Juozas Dalinkevičius.

Iš 1974 m. garso įrašo.



Pažinti planetą Žemę, kurioje gyvename, yra natūralus žinių trokštančio žmogaus (Homo sapiens) potraukis. Kai Utenos berniukų gimnazijoje, dar iki 1950 m. mokyklų reformos, du trimestrus buvo vedamos geologijos pamokos, jos įžiebė siekį eiti Žemės gelmių tyrimo keliais. Dviejuose universitetuose įgijau geologo ir paleontologo kvalifikacijas, tyrinėju fosilinius buvusių šiltųjų vandenynų pirmuonis – foraminiferus, kurių kiauteliai sudaro gyvybės mitybinės piramidės pagrindą.

Sėmiausi žinių ir patirties. Patyriau atradimų džiaugsmą, pelniau titulus ir diplomus. Suvokiau, kad civilizacijų raidoje vykstant pramoninėms revoliucijoms, geologai – gelmių žvalgai – ėjo pirmose gretose, nes garo katilui, elektros laidui, energijos gamybai, vidaus degimo varikliui, germanio tranzistoriui ar ličio baterijai sukurti reikėjo surasti pramonei reikalingų metalų, kaustobiolitų ir angliavandenilių.

Negalima pamiršti nei gyvybės šaltinio – požeminio vandens, nei nemetalinių naudingųjų iškasenų, kurios yra statybų duona ir žemės ūkio našios veiklos pamatas. Lietuvos geologai, vadovaudamiesi darnaus eksperimentinio vystymosi principais, žengia pirmose ūkio raidos pozicijose.

Planeta Žemė – Visatos laiko erdvėje mažytis rutuliukas, ant kurio gyvename – yra tobula, labai graži. Nesudeginkime jos...

GINUTIS JUOZAPAVIČIUS –
geologas, sedimentologas,
moksų daktaras,
UAB „GJ Magma“ steigėjas ir
mokslinis vadovas, naudingųjų
iškasenų tyrėjas, ekonominės
geologijos specialistas.



Geologija suviliojo dar vaikystės metais, nes augau ant žvyro karjero kranto, vos už 10 metrų nuo tėvų namų – Ventos pakrantėje, Užventyje, priešais buvusį Šatrijos Raganos dvarelį. Jau tada jame rinkome „velnio pirštus“, „laumių papus“... Baigęs dešimtą klasę, dar būdamas 16 metų, per vasaros atostogas tapau maršrutiniu darbininku geonuotraukos partijoje. Nuo tada geologija tapo profesija ir gyvenimo būdu. Niekada nesigailėjau pasirinkęs šio gyvenimo kelio, nes juk įdomu ieškoti ir rasti tai, ko reikia žmonėms...

Parengti skyrių apie Lietuvos nemetalines naudingąsias iškasenas paskatino siekis skleisti žinių visuomenei – kuo turtingos mūsų krašto žemės gelmės, kaip naudingieji išteklių išsilyjeja į kiekvieno mūsų gyvenimą ir kaip mes, visuomenė, turėtume jas tausojančiai naudoti bei saugoti ateičiai.

ANICETAS ŠTUOPIS – hidrogeologas, mokslų daktaras, požeminio vandens išteklių ir poveikio aplinkai tyrėjas, UAB „Grotą“ mokslo darbuotojas, Geologijos įmonių asociacijos valdybos pirmininkas.



Požeminis vanduo yra vienas svarbiausių ir kartu mažiausiai matomų žemės gelmių turtų, turintis esminę reikšmę tiek gamtinėms ekosistemoms, tiek žmogaus ūkinės veiklos plėtrai. Lietuvos hidrogeologinės struktūros savitumas, požeminio vandens formavimosi ir judėjimo dėsningumai bei šių išteklių naudojimo iššūkiai kelia nemažai klausimų, reikalaujančių gilesnio mokslinio nagrinėjimo. Būdamas šios srities tyrėjas, siekiu ne tik apibendrinti esamus duomenis, bet ir atkreipti dėmesį į racionalaus ir tvaraus požeminio vandens naudojimo būtinybę. Šis skyrius skirtas išsamiai atskleisti, kaip formuojasi ir pasiskirsto požeminio vandens telkiniai bei kokie veiksniai lemia Lietuvos požeminio vandens išteklių būklę, taip prisidedant prie platesnio visuomenės supratimo apie šiuos svarbius gamtos išteklius.

IGNAS VAIČELIŪNAS –
kalnų inžinierius geologas,
naftos telkinių geologijos
ir gavybos specialistas,
angliavandenilių kilmiaviečių
tyrėjas, UAB „Minijos nafta“
vyriausiasis geologas ir
mokslo darbuotojas.



Pažintis su geologija prasidėjo lankant Kalneliškių septynmetę mokyklą, gal apie 1958 m. Už pusės kilometro nuo gimtinės – Kriaušiškių kaime (Vaškų parapijoje, tada Joniškėlio, dabar Pasvalio r.) – vyrai kažką sprogdino: susikrovė krūvą molio gabalų, po moliu atsivėrė tuštuma. Brolis vos nenugarmėjo į gelmes – ištraukėme jį.

1968 m., būdamas studentu, Maskvoje klausiausi E. Kūzik disertacijos „Pabaltijo tektoninė sąranga“ gynimo. Buvo parodytas KMPV lūžusių bangų koreliaciniu metodu, remiantis seisminių darbų rezultatais, sudarytas žemėlapis. Jame buvo pažymėta ir Vaškų struktūra – perspektyvi dujoms saugoti.

1973 m. atvažiavau į Gargždus jau su naftos geologo diplomu kišenėje. Taip ir likau. Gręžinių išbandymai, gręžimas, struktūrų paieškos, telkinių radimo džiaugsmas, naftos gavybos organizavimas, gavyba – taip iki dabar.

Gaila žiūrėti, kad savo turto nenaudojame, o vežamės iš kitur. Ir ne už dyką – mokame didelius pinigus ir verkšlename: „Darbų nėra, tauta išsivaikšto...“ Gal mano parengtas straipsnis padės kitaip pažvelgti į mūsų žemę – Lietuvą?

**GEDIMINAS MOTUZA
MATUZEVIČIUS** – geologas,
petrografas, mokslų daktaras
(HP), profesorius, geologinio
kartografavimo specialistas,
prekambro kristalinių uolienu
tyrėjas, Lietuvos mokslų
akademijos narys (akademikas),
Lenkijos mokslų ir menų
akademijos užsienio narys,
Vilniaus universiteto Geomokslų
instituto mokslininkas.



Surasti naudingųjų iškasenų telkinį – geologo priedermė ir garbės reikalas. Dažnai tai įvyksta atsitiktinai, kartais dėl apgalvotų, kryptingų paieškų, bet visada per nelengvą geologinį darbą, kuriame persipina ir kasdienė rutina, ir mokslinė kūryba, ir nenumatyti atsitiktinumai. Man teko dalyvauti naudingųjų iškasenų paieškose Lietuvos kristaliniame pamate nuo pat jų pradžios prieš penkiasdešimt metų. Jos vyko ir geologinio kartografavimo ir tikslinių paieškų keliu. Kartu su kolegomis pavyko rasti geležies telkinį, retųjų žemių elementų, apatito, vario ir molibdeno apraiškų, taip pat nustatyti granitinio magmatizmo etapą, kurio intruzijos lemia padidėjusį šiluminį srautą, tinkamą elektros gamybai. Daug tai ar mažai, kiek iš to naudos valstybei, parodys ateitis. Tačiau vertinant būtina atsizvelgti ir į neišvengiamą poveikį aplinkai, kitoms veikloms – čia perspėjantis geologų žodis gali būti itin svarus.

Kol kas metalų rūdų apraiškos Lietuvos kristaliniame pamate ištirtos tik pradiniu lygiu, todėl pateikiami vertinimai ir skaičiai yra apytikriai. Atsizvelgiant į šį neapibrėžtumą ir dažnai neišvengiamą netikslumą, šio rašinio stilius yra laisvesnis nei mokslinių straipsnių ar gamybinių geologinių ataskaitų.

SAULIUS GADEIKIS –

inžinierius geologas, mokslų daktaras, docentas, UAB „Geotestus“ vadovas, gruntų geotechninių savybių tyrėjas, Vilniaus universiteto Geomokslų instituto mokslininkas.



Mano pasirinktos mokslo šakos tyrimų objektas – geologijos sritis, tiriama inžineriniais metodais. Gruntai gali būti tiek natūralūs (nuosėdos, uolienos), tiek supiltiniai (technogeniniai), o viena jų paskirčių yra „talpinti“ inžinerinius statinius: pastatus, tunelius, pylimus, užtvankas ir pan. Tų statinių pamatai projektuojami, atsižvelgiant į gruntų fizines, mechanines bei geodinamines savybes. Tirti šias savybes – įtraukiantis, kūrybinis ir labai atsakingas darbas.

Apie knygos autorius

VALENTINAS BALTRŪNAS – geologas, geologinio kartografavimo specialistas, kvartero periodo tyrėjas, habilituotas mokslų daktaras, Valstybinio mokslinių tyrimų instituto Gamtos tyrimų centro mokslininkas.



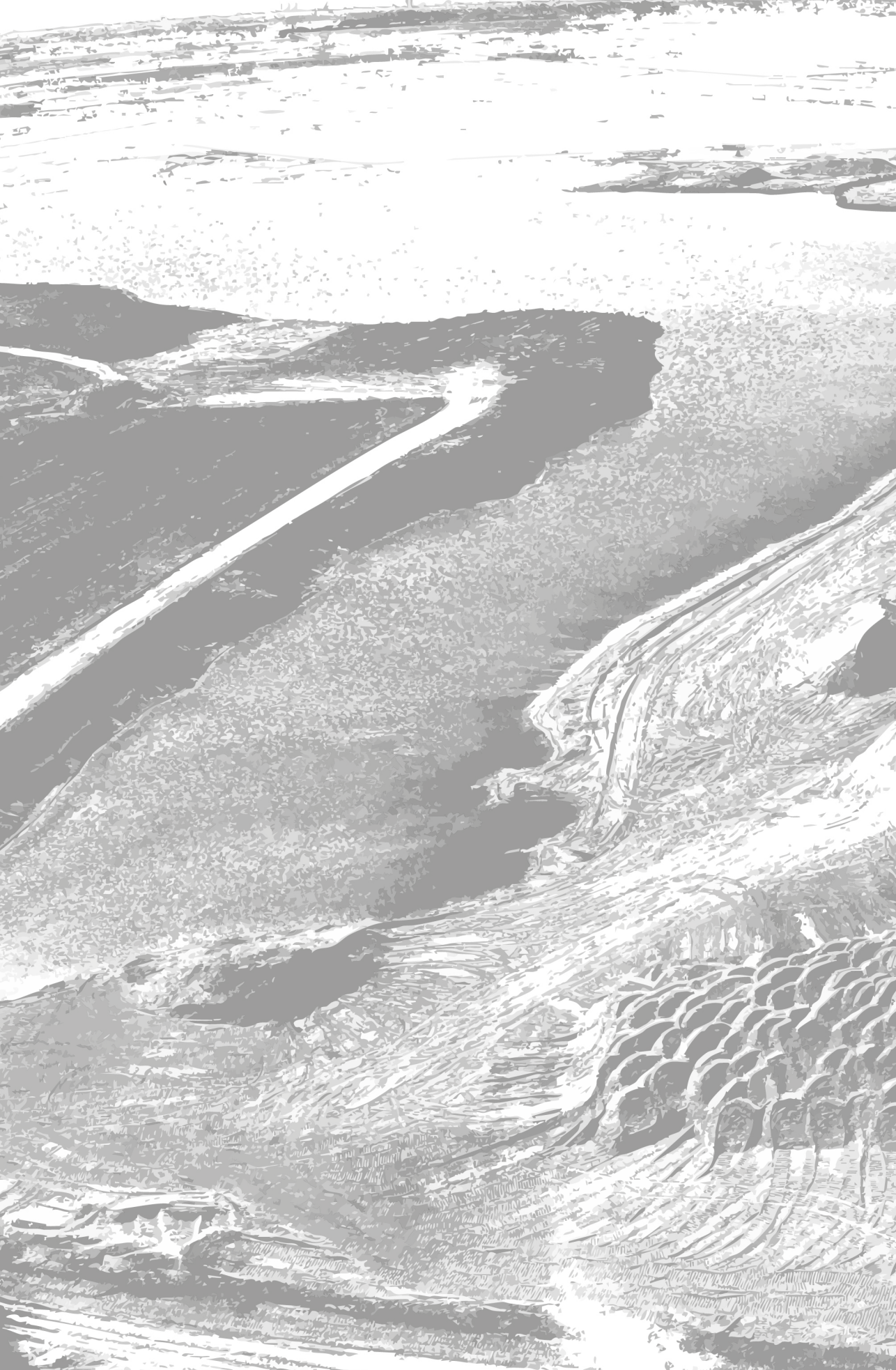
Mano geologijos studijos Vilniaus universitete, per tuo metu gimusį žygeivystės sąjūdį, susijungė su kraštotyra ir gamtosauga, o pastaroji kryptis vėliau dominavo profesionalioje geologo veikloje, ypač vykdant stambaus mastelio geologinio kartografavimo darbus ir vėliau gilinantis į kvartero periodo tyrimus. Jau tada geologams kilo minčių, remiantis kartografavimo duomenimis, kurti specialius žemėlapius, skirtus geologinei aplinkai vertinti teritorijų planavimo tikslams. Stambaus mastelio tokie žemėlapiai buvo atlikti aštuoniems rajonams ir penkiems miestams, o vidutinio mastelio – nuo 1999 m. dengia visą Lietuvos teritoriją. Šia kolektyvine patirtimi ir norėjau pasidalyti su skaitytojais.

SAULIUS GEGIECKAS –
diplomuotas inžinierius
geologas, taikomosios
geologijos specialistas,
UAB „Geoanalizė“ vyriausiasis
specialistas, Lietuvos
geologijos įmonių asociacijos
vadovas.



Su geologais susidūriau dar vaikystėje – savo vienkiemyje, kuris buvo netoli pradėto eksploatuoti Petrašiūnų dolomito karjero. Tuo metu ten dar vyko dolomito žvalgybos darbai, tad ne kartą grįždamas iš mokyklos užsukdavau prie tai šen, tai ten besidarbuojančių gręžėjų. Sudomino jų darbas ir gyvenimo būdas vis besikeičiančioje aplinkoje. Tačiau tapti geologu apsisprendžiau vėliau – priešpaskutiniaisiais ar net paskutiniaisiais mokyklos baigimo metais.

Susiklosčius aplinkybėms, beveik visą savo profesinę veiklą pašvenčiau inžineriniams geologiniams tyrimams. Mano darbo vieta buvo visa Lietuva, ir ne tik. Džiaugiuosi, kad gyvenimas suteikė galimybę dirbti įdomų ir įvairiapusišką tyrinėtojo darbą, kuris leido man bent kažkiek pažinti ne tik Žemės, bet ir Visatos procesus. Manau, kad Žmogus yra tokia pat Gamta, kaip ir visa kita aplinkui, tik su didžiuliu savo Ego, vis bandantis pastatyti save jei ne į Visatos, tai bent į Žemės centrą. Iš to kyla aibė skambių iniciatyvų, pradedant Visatos užkariautojais ir baigiant Žemės planetos nuo žmonijos gelbėtojais. Profesija mane išmokė atsargiai žiūrėti į šiuos vėjus, vertinti dabartį per geologinės praeities prizmę, kuri aiškiai parodo, kad mūsų Žemė visuomet susitvarkė ir susitvarkys su bet kokiais iššūkiais, o ateitį, kaip ir praeitį, galima pažinti stebint žvaigždes...



Turinys

IŽANGA. Jūras Banys. Žemė yra graži	7
1 SKYRIUS. Algimantas Grigelis.	
Lietuvos gelmių geologinė sandara	9
2 SKYRIUS. Ginutis Juozapavičius.	
Nemetalinės naudingosios iškasenos	19
3 SKYRIUS. Anicetas Štuopis. Požeminis vanduo	141
4 SKYRIUS. Ignas Vaičeliūnas. Angliavandeniliai	251
5 SKYRIUS. Gediminas Motuza Matuzevičius. Metalų rūdos	331
6 SKYRIUS. Saulius Gadeikis. Lietuvos gruntai	343
7 SKYRIUS. Valentinas Baltrūnas. Gelmių apsauga	403
8 SKYRIUS. Saulius Gegieckas. Gelmėnaudos vaidmuo tvarioje ekonomikoje: gelmėnauda ir darnus vystymasis	429
BAIGIAMASIS ŽODIS. Algimantas Grigelis	463
Summary	469
Asmenvardžių rodyklė	485
Vietovardžių rodyklė	489
Apie knygos autorius	501

Lietuvos žemės gelmių turtai

KALBOS REDAKTORĖS Aušra Gapsevičienė, Sandra Tamulionienė

DAILININKĖ Miglė Datkūnaitė

MAKETUOTOJOS Regina Kunigėlienė, Jolanta Veršickienė

VERTĖJA Diana Bartkutė Barnard

BIBLIOGRAFĖ Sigita Dagienė

Viršelyje – Plikių karjeras Klaipėdos rajone. Kasybos zona.

UAB „GJ Magma“ nuotr. / Martynas Trakymas. 2025

IŠLEIDO LIETUVOS MOKSLŲ AKADEMIJA

Vilnius, 2026

www.lma.lt

SPAUSDINO UAB „Utenos Indra“

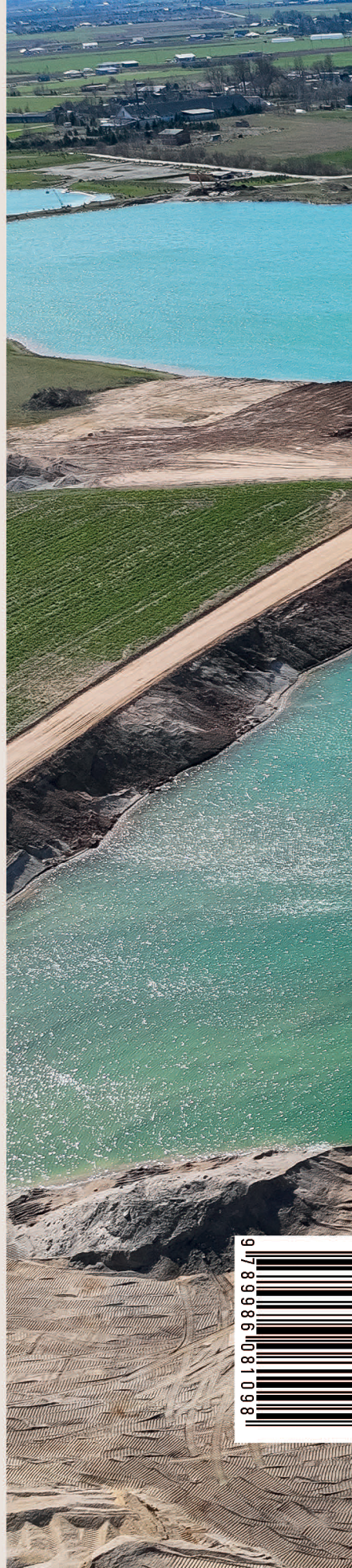
www.indra.lt

ISBN 978-9986-08-109-8

eISBN 978-9986-08-110-4

Šio akademinio leidinio tikslas – supažindinti visuomenę su Lietuvos žemės gelmių sandara, kuri lemia, kiek ir kokių rūšių naudingųjų iškasenų gali būti šalies gelmėse. Knyga suskirstyta į skyrius, kuriuose pateikiamos žinios apie nemetalines naudingąsias iškasenas, požeminius gėluosius ir mineralinius vandenis, angliavandenilius, metalų rūdas, krašto gruntus, geologinį paveldą, gelmių apsaugą ir, galiausiai, gėlmėnaudos vaidmenį tvarioje ekonomikoje. Vadovaudamiesi Jungtinių Tautų ir Europos Sąjungos direktyvomis ir atsiribodami nuo atgyvenusios tausojančios plėtros koncepcijos, autoriai deklaruoja darnaus vystymosi principus, kuriais grindžiamas tvarus Lietuvos žemės gelmių turtų naudojimas. Per tris dešimtmečius po Nepriklausomybės atkūrimo geologijos moksle įvyko poslinkis gėlmėnaudos verslo link, todėl leidinio autoriais tapo ne tik žinomi mokslininkai, bet ir verslo atstovai. Jiems pavyko atskleisti turimą mokslinį potencialą ir vaizdžiai parodyti, kokią naudą valstybės ekonomikai teikia darnus geologinės aplinkos ir naudingųjų iškasenų panaudojimas.

**ATSAKINGASIS REDAKTORIUS
AKAD. ALGIMANTAS GRIGELIS**



9 789986 081098

