

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Tatjana Sukova

**Nerūdinių naudingųjų iškasenų telkinių  
dinaminių modelių sudarymas ir jų  
panaudojimas telkinio eksploatavimo eigoje**

**DAKTARO DISERTACIJA**

**FIZINIAI MOKSLAI, GEOLOGIJA (05 P)**

VILNIUS, 2011

---

Disertacija rengta 2006–2010 metais Vilniaus universitete

Mokslinis vadovas:

prof. habil. dr. Algirdas Jurgaitis (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P)

Konsultantas:

doc. dr. Antanas Brazauskas (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P)



---

## TURINYS

<b>IVADAS</b> .....	<b>5</b>
<b>TYRIMŲ APŽVALGA</b> .....	<b>8</b>
<b>TYRIMŲ METODIKA</b> .....	<b>17</b>
<b>I. NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ TELKINIŲ ŽVALGYBOS DUOMENŲ AUTOMATIZUOTA ANALIZĖ IR VERTINIMAS</b> .....	<b>19</b>
1.1. ANALITINIŲ NAUDINGOSIOS IŠKASENOS KOKYBĖS RODIKLIŲ AUTOMATIZUOTAS VERTINIMAS, NAUDINGOJO KLODO RIBŲ IŠSKYRIMAS, PARAMETRŲ PERKĖLIMAS Į PLANUS .....	19
1.2. TELKINIO SANDAROS IR KOKYBĖS RODIKLIŲ AUTOMATIZUOTA ERDVINĖ ANALIZĖ .....	36
1.3. GEOLOGINIŲ KŪNŲ DINAMINIŲ IŠTEKLIŲ MODELIŲ SUDARYMAS IR JŲ TŪRIŲ APSKAIČIAVIMAS .....	39
1.3.1. Geologinių kūnų 3D modelių sudarymas.....	39
1.3.2. Naudingosios iškasenos geologiniai ištekliai .....	67
1.3.2.1. Naudingosios iškasenos geologinių išteklių skaičiavimo metodika .....	67
1.3.2.2. Naudingosios iškasenos geologinių išteklių skaičiavimo rezultatai .....	72
1.4. DINAMINIŲ NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ IŠTEKLIŲ MODELIŲ ĮDIEGIMO ŽEMĖS GELMIŲ REGISTRE, VALSTYBINIO VALDYMO IR KONTROLĖS INSTITUCIJOSE ANALIZĖ .....	85
<b>II. NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ TELKNIŲ NAUDOJIMO PROJEKTINIŲ SPRENDINIŲ AUTOMATIZAVIMO METODIKA</b> .....	<b>92</b>
2.1. IŠGAUNAMŲJŲ IŠTEKLIŲ KIEKIO APSKAIČIAVIMO DINAMINIS MODELIS.....	92
2.1.1. Naudingosios iškasenos nuostolių skaičiavimo metodika .....	93
2.1.1.1. Naudingojo sluoksnio nuostoliai masyve .....	93
2.1.1.2. Atskirti nuo masyvo naudingosios iškasenos nuostoliai.....	97
2.1.2. Naudingosios iškasenos nuostolių skaičiavimo rezultatai, išteklių kiekio apskaičiavimo dinaminiai modeliai.....	98
2.2. KARJERŲ IR KASINIŲ ŠLAITO (BORTO) STABILUMO ĮVERTINIMAS	106
2.2.1. Bendros žinios .....	106
2.2.2. Karjerų ir kasinių šlaito (borto) stabilumo įvertinimas .....	107
2.2.3. Karjero borto stabilaus šlaito apskaičiavimo inžineriniai būdai .....	109
2.2.3.1. Vienetinio svorio (savitojo tankio (sunkio)) $\gamma$ nustatymas .....	110
2.2.3.2. Vidinės trinties kampo $\phi$ ir sankibos $c$ nustatymas .....	114
2.2.3.3. Karjero borto stabilaus šlaito apskaičiavimas.....	117

---

2.3. TELKINIO SKAIDYMO Į KASYBOS PAKOPAS PAGAL NAUDOJAMOS TECHNIKOS PARAMETRUS AUTOMATIZAVIMAS .....	119
2.4. IŠKASAMŲ ERDVIŲ APSKAIČIAVIMAS IR DINAMINIŲ KASYBOS TEMPŲ PLANŲ SUDARYMAS .....	120
2.5. KASYBOS METU PAŽEISTŲ TERITORIJŲ INTEGRAVIMAS Į LANDŠAFTĄ .....	130
<b>III. KASYBOS APIMČIŲ PAGAL MARKŠEIDERINIUS APMATAVIMUS APSKAIČIAVIMO AUTOMATIZAVIMAS PANAUDOJANT DINAMINIUS IŠTEKLIŲ APSKAIČIAVIMO PLANUS .....</b>	<b>136</b>
<b>IV. KASYBOS PROCESO APSKAITOS IR KONTROLĖS AUTOMATIZAVIMAS PAGAL DINAMINIUS TELKINIŲ NAUDOJIMO PROJEKTUS IR MARKŠEIDERINIUS APMATAVIMUS .....</b>	<b>141</b>
<b>IŠVADOS .....</b>	<b>143</b>
<b>LITERATŪRA.....</b>	<b>145</b>
<b>PUBLIKACIJOS .....</b>	<b>154</b>
<b>KONFERENCIJOS, SEMINARAI .....</b>	<b>154</b>

---

## IVADAS

Visuomenė negali gyventi nenaudodama gamtos išteklių. Siekiant gerovės ekonomikoje aprūpinimas mineraliniais ištekliais yra labai svarbus kiekvienai pasaulio valstybei. Visa civilizacijos raida yra pagrįsta žemės gelmių išteklių naudojimu, todėl naudingųjų iškasenų gavyba yra neišvengiamas procesas. Tačiau kasybos pramonė ir su ja susijusios problemos yra nepakankamai nagrinėjama tema.

**Temos aktualumas.** Šiuo metu erdvinio (dinaminio) geologinio modeliavimo klausimas, susijęs su kompiuterinių technologijų taikymu, yra nauja banga geologiniuose tyrimuose kaip pas mus, taip ir užsienyje. Erdvinio modeliavimo taikymas geologijoje leidžia automatizuoti daugumą procesų (naudingųjų iškasenų išteklių apskaitą, jų stebėjimą laike, projektinių sprendinių priėmimą), tokiu būdu sutaupomas šiems uždaviniams spręsti skiriamas laikas ir pinigai. Šiai dienai yra sukaupta nemaža patirtis ir pasiektas tam tikras rezultatas informacinių technologijų taikyme geologijos moksluose, tačiau jų taikymą geologijoje negalima laikyti pakankamai pozityviu. Tai susiję su informacijos taikomos geologijoje savitumu – daugiausia tai būna aprašomojo pobūdžio informacija, kurią sunku įdiegti ir interpretuoti kompiuterinėmis programomis, todėl šioje srityje yra dar daug neišspręstų problemų.

**Tyrimų objektais** buvo pasirinkti įvairių genetinių tipų – keimų, ozų, kraštinių fluvio-glacialinių gūbrių, zandrų, fluvio-glacialinių deltų ir perpustytų fluvio-glacialinių eolinių darinių (1 lentelė) žvyro ir smėlio telkiniai bei prognoziniai plotai išsidėstę Lietuvos teritorijoje (1 pav.).

**Darbo tikslas** naudingųjų iškasenų telkinių žvalgybos duomenų analizės ir gavybos proceso projektų rengimo automatizavimas, siekiant optimizuoti išgaunamų žaliavų kiekį ir pažeistų teritorijų įjungimą atgal į natūralius landšaftus. Siekiant užsibrėžto tikslo, buvo išskelti sekantys **uždaviniai**:

- ⇒ išnagrinėti naudingųjų iškasenų telkinių žvalgybos duomenų automatizuotos analizės ir vertinimo galimybes;
- ⇒ sukurti naudingųjų iškasenų telkinių naudojimo projektinių sprendinių automatizavimo metodiką ir įdiegti ją į programinę įrangą;

- 
- ⇒ išnagrinėti kasybos apimčių pagal markšeiderinius apmatavimus apskaičiavimo automatizavimo galimybes;
  - ⇒ išnagrinėti kasybos proceso apskaitos ir kontrolės automatizavimo galimybes.

#### **Pagrindiniai ginami teiginiai:**

- ⇒ Naudojant GRID (tinklelio) metodą, sukurtas naudingosios iškasenos išteklių modelis tampa dinaminis ir yra pritaikomas telkinių projektavimo ir eksploatacijos metu.
- ⇒ Sukurtas 3D telkinių dinaminis modelis pritaikomas įvairios genezės telkinių geologinės sandaros bei susidarymo sąlygų tyrimui, geologinių ir išgaunamų išteklių vertinimui, projektinių sprendinių priėmimui, kasybos proceso apskaitai ir kontrolei. Įdiegti į registrą modeliai gali būti sėkmingai pritaikyti teritorijų planavimo srityje.
- ⇒ Į sukurtą modelį įvedus ketvirtą parametą – laiką, atsiveria galimybė naudingųjų iškasenų telkinių keturmačių modelių kūrimui ir geologinių kūnų kaitos laike tyrimui.

**Mokslinio darbo naujumas.** Šiame darbe buvo apibrėžtas nerūdinių naudingųjų iškasenų telkinių dinaminių modelių sudarymo principas, sukurto modelio panaudojimas vertinant telkinių geologinę sandarą, formavimosi sąlygas, atliekant telkinių projektavimo darbus, bei vykdant telkinių eksploatavimą. Modeliavimas atliekamas trimatėje erdvėje, kas sudaro galimybę matyti trimačius perspektyvinius karjero vaizdus iš bet kokio pasirinkto taško ir numatyti kasybos darbų eigą. Šiuo metu ši sistema jau suprogramuota, vyksta testavimas įmonėje UAB „GJ Magma“. Pilnai įsisavinus šią sistemą bus pereita prie tridimensinio (erdvinio) telkinių naudojimo (kasybos ir rekultivavimo) projektavimo. Ši karjerų projektavimo sistema neturi analogų Lietuvoje.

**Praktinė darbo reikšmė.** Disertacinio darbo rezultatai bus pritaikyti analizuojant naudingųjų iškasenų telkinių geologinę sandarą, formavimosi sąlygas, bei priimant projektinius sprendinius. Darbo rezultatai bus pritaikyti įmonėse, užsiimančiose naudingųjų iškasenų paieškomis ir žvalgyba, telkinių projektavimu. Taip pat jie gali būti pritaikyti valstybinio valdymo ir kontrolės institucijose, bei teritorijų planavimo srityje.

---

**Mokslinio darbo aprobacija.** Šiame darbe gauti rezultatai buvo paskelbti dviejose tarptautinėse mokslinėse konferencijose, pristatyti dviejose seminaruose ir nagrinėti Šiaurės ir Baltijos šalių geografinių informacinių sistemų vasaros mokykloje:

- ⇒ Gävle universitete (pristatytas posteris). Švedija, Gävle, 2007.
- ⇒ Sankt-Peterburgo kalnakasybos institute tarptautinėje jaunųjų mokslininkų konferencijoje (skaitytas žodinis pranešimas). Rusija, Sankt-Peterburgas, 2009;
- ⇒ 7-oje tarptautinėje geomorfologijos konferencijoje (pristatytas posteris). Australija, Melburnas, 2009;
- ⇒ Sankt-Peterburgo informatikos ir automatizavimo institute (skaitytas žodinis pranešimas). Rusija, Sankt-Peterburgas, 2009;
- ⇒ Sankt-Peterburgo aerokosminio instrumentavimo universitete (skaitytas žodinis pranešimas). Rusija, Sankt-Peterburgas, 2009;

Kartu su bendraautoriais paskelbti du straipsniai recenzuojamame Lietuvos mokslo leidinyje, įtrauktame į Mokslinės informacijos instituto pagrindinių žurnalų sąrašą:

- ⇒ Patašova (Sukova) T., Jurgaitis A. Comparison of mineral resources calculation methods for different genetic types of gravel and sand deposits. *Geologija*, 50, p. 156-169, 2009.
- ⇒ Sukova T., Vainilaitis L., Development and application of a mathematical cartographical model to sand / gravel deposits and prospective areas. *Geologija*, 52, p. 45-52, 2010.

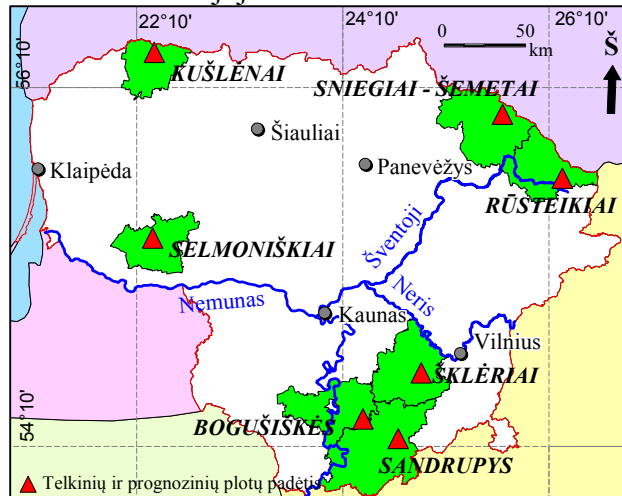
**Disertacijos struktūra ir apimtis.** Darbą sudaro įvadas, 6 skyriai, išvados, literatūros (118 šaltiniai) ir autorės publikacijų sąrašai. Darbo apimtis 154 puslapiai, tarp kurių 27 lentelės ir 98 paveikslai.

Autorė nuoširdžiai dėkoja visiems, kurie tiesiogiai ar kitais būdais padėjo ruošiant šią disertaciją.

# TYRIMŲ APŽVALGA

Tyrimų objektais buvo pasirinkti skirtingų genetinių potipių telkiniai išsidėstę

Lietuvos teritorijoje:

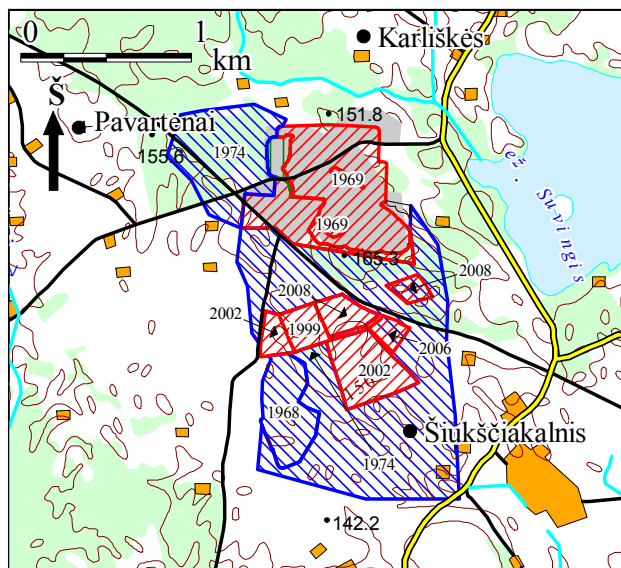


- I. Bogušiškės – Alytaus rajone;
- II. Kušlėnai – Mažeikių rajone;
- III. Sniegiai-Šemetai – Rokiškio rajone;
- IV. Rūsteikiai – Zarasų rajone;
- V. Šklėriai – Trakų rajone;
- VI. Selmoniškiai – Tauragės rajone;
- VII. Sandrupys – Varėnos rajone

**1 pav.** Tirtų objektų situacijos planas

Visi telkiniai ir prognoziniai plotai buvo tirti naudingųjų iškasenų paieškinių darbų metu, o jų pasirinkimą lėmė genetinė priklausomybė. Darbo metu buvo išnagrinėtos gavybos proceso rengimo ypatybės skirtingų genetinių potipių telkiniuose, todėl buvo pasirinkti etaloniniai atitinkamų potipių telkiniai. Bendri duomenys apie pasirinktų telkinių ir prognozinių išteklių plotus pateikti 1 lentelėje.

Bogušiškių plotas priklauso keimų genetiniam potipiui. Pirmieji rezultatyvūs žvyro telkinių tyrimo darbai šiose apylinkėse buvo atlikti 1961 - 1962 metais, kai



vidutinio mastelio geologiniame žemėlapyje Bogušiškių kaimo apylinkėse buvo pažymėtas žvirgždingų nuogulų paplitimas. Čia jau 1966 metais 55,4 ha plote buvo atlikta žvyro telkinio paieška bei žvalgyba.<sup>1</sup>

**2 pav.** Bogušiškių plotų situacijos planas

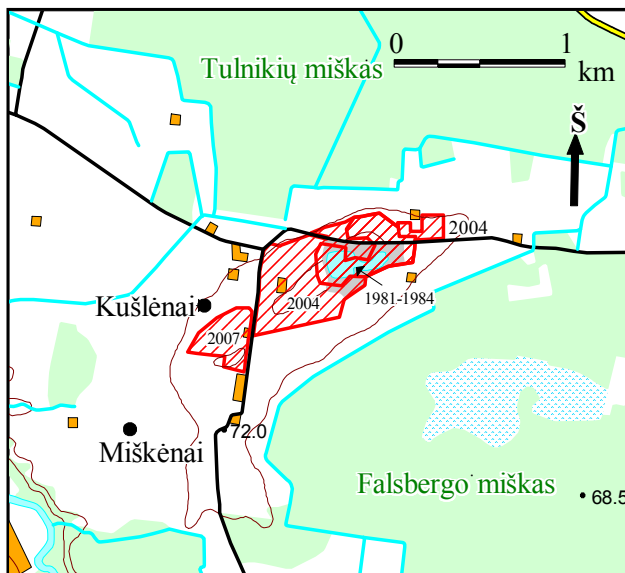
<sup>1</sup> V.Gurklienė. Lietuvos TSR Alytaus rajono "Bogušiškių" žvyro telkinio papildoma žvalgyba ir geologinių-žvalgybinių darbų, atliktų Kauno rajono "Kvesų" žvyro telkinyje, rezultatai. //Vilnius, 1969, 429 p.

1 lentelė. Tirtų telkinių ir prognoziųjų išteklių plotų bendri duomenys (nuogulų genetinė klasifikacija pateikta pagal P.Šinkūną, A.Jurgaitį (Šinkūnas ir kt., 1998))

Genetinė grupė ir pogrupis	Genetinis tipas	Genetinis potipis	Genetinė atmaina	Santykis su ledynu	Telkinių ir prognoziųjų išteklių plotų pavadinimas	Išteklių kategorija	Žvalgybos metai	Telkinio/ prognoziinio ploto tipas	Rajonas	Plotas, ha				
Fluvioglaciacinės	Ledyno vidinės	Kerimų	Fluvioglaciacinių (fluviokeimų)	Glaciacinė aplinka, intraglaciacinė subaplinka	Bogušiškės II 1 sklypas	111	2002	Ž	Alytus	3,5				
					Bogušiškės II 2 sklypas	111	2002	Ž	Alytus	12,1				
					Bogušiškės II 3 sklypas	111	2006	Ž	Alytus	2,6				
					Bogušiškės II	111	1999	Ž	Alytus	5,3				
					Bogušiškės II	331	2008	Ž	Alytus	5,3				
					Bogušiškės II	331	2008	Ž	Alytus	2,5				
					Bogušiškės	111	1969	Ž	Alytus	38,0				
					Bogušiškės	211	1969	Ž	Alytus	12,9				
					Bogušiškės	111	1969	Ž	Alytus	40,0				
					Bogušiškės	332	1974	Ž	Alytus	30,8				
					Bogušiškės	332	1974	Ž	Alytus	120,4				
					Rimėnai	332	1968	Ž	Alytus	15,6				
					Visas Bogušiškių - Rimėnų plotas									288,9
					Ozų	Radialinių	Glaciacinė aplinka, subglaciacinė subaplinka	Kušlėnai	111	1981 - 1984	SŽ	Mažeikiai	13,0	
								Kušlėnai	111	2004	SŽ	Mažeikiai	25	
	Kušlėnai	111	2004	SŽ				Mažeikiai	2,6					
	Kušlėnai	331	2007	SŽ				Mažeikiai	8,1					
	Visas Kušlėnų plotas									48,7				
	Marginalinės (kraštinės)	Kraštinių gūbrių	Supiltinių	Periglacialinė aplinka, terminoglaciacinė subaplinka	Sniegiai	111	2007	Ž	Rokiškis	31,9				
					Sniegiai	333	2007	Ž	Rokiškis	143,7				
					Šemetai II	331	1983	Ž	Rokiškis	17,0				
					Šemetai II	332	1983	Ž	Rokiškis	68,6				
					Verslaviškis	111	1980	Ž	Rokiškis	1,1				
					Visas Sniegių - Šemetų plotas									262,3
					Rūsteikiai	111	1975	Ž	Zarasai	20,3				
					Rūsteikiai	331	2007	Ž	Zarasai	13,2				
					Rūsteikiai	331	2007	Ž	Zarasai	25,6				
					Rūsteikiai	331	2008	Ž	Zarasai	7,1				
					Rūsteikiai	331	2008	Ž	Zarasai	13,6				
					Rūsteikiai	331	2008	Ž	Zarasai	9,5				
					Rūsteikiai	332	1975	Ž	Zarasai	31,1				
					Rūsteikiai	333	1963	Ž	Zarasai	300,3				
					Visas Rūsteikių plotas									420,7
	Priedėtinės	Zandrų	Zandrinių lygumų	Periglacialinė aplinka, proglaciacinė subaplinka	Šklėriai	111	2006	ŽS	Trakai	36,1				
					Šklėriai	332	1976	ŽS	Trakai	236,2				
					Šklėriai	333	2006	ŽS	Trakai	91,9				
		Visas Šklėrių plotas									364,2			
		Deltų	Zandrinių deltų	Periglacialinė aplinka, proglaciacinė subaplinka	Selmoniškiai	111	2004	Ž	Tauragė	9,4				
					Selmoniškiai	111	1999	Ž	Tauragė	8,9				
					Selmoniškiai	111	1986	Ž	Tauragė	30,7				
					Selmoniškiai	111	1986	Ž	Tauragė	8,5				
					Selmoniškiai	332	1986	Ž	Tauragė	155,5				
		Visas Selmoniškių plotas									213,0			
		Eolinės	Perpustytos fluvioglaciacinės	Periglacialinė aplinka, ekstraglaciacinė subaplinka	Sandrupys	331	1975	S	Varėna	236,8				

Neilgai trukus, 1969 metais, šiame telkinyje buvo atlikta papildoma žvalgyba.<sup>2</sup> Beveik tuo pačiu metu, 1968 metais buvo aptiktas ir žvalgytas Rimėnų žvyro telkinys.<sup>3</sup> Esminiai tiriamos vietos geologiniai darbai buvo atlikti 1974 metais, kai greta Bogušiškių žvyro telkinio dideliame plote buvo paskaičiuotas galimas žvyro ir žvirgždingo smėlio prieaugis.<sup>4</sup> Antrasis žvyro išteklių prieaugio sklypas, apimantis net 140 ha plotą, sujungė anksčiau žvalgytus Rimėnų ir Bogušiškių telkinius. Čia medžiaga smulkėja pietų kryptimi. Būtent šio ploto šiaurės-vakariniėje dalyje 1999 metais buvo išžvalgytas Bogušiškių II žvyro telkinys.<sup>5</sup> Detalūs žvalgybos darbai taip buvo atliekami ir vėliau – 2002, 2006, 2008 metais. Visus šiuos darbus atliko UAB „GJ Magma“.

Kušlėnų plotas priklauso ozų genetiniam potipiui. Pirmą kartą Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinys buvo tirtas 1980 metais<sup>6</sup>.



**3 pav.** Kušlėnų plotų situacijos planas

Tais metais Kompleksinės geologinės žvalgybos ekspedicijos paieškų – žvalgybos būrys Nr. 3 atliko Mažeikių raj. nebalansinių žvyro ir smėlio telkinių patikrinimą bei Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinio detalią žvalgybą. 1983 metais Kompleksinės geologinės žvalgybos ekspedicijos Statybinių medžiagų geologinės žvalgybos partija vykdė detalias paieškas Mažeikių rajone ir detaliai išžvalgė Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinį. Tolesnius žvalgybos darbus čia atliko UAB "GJ Magma" 2004, 2007 metais.

<sup>2</sup> V.Gurklienė. Lietuvos TSR Alytaus rajono "Bogušiškių" žvyro telkinio papildoma žvalgyba ir geologinių-žvalgybinių darbų, atliktų Kauno rajono "Kvesų" žvyro telkinyje, rezultatai. //Vilnius, 1969, 429 p.

<sup>3</sup> Pumpėnų paieškų-žvalgybos būrio ataskaita už 1967/68 m.m. "Piliakalnio" telkinio atsargos apskaičiuotos 1967 m. lapkričio mėn. 20 d., "Lieponių" - 1968 m. liepos 9 d., "Rimėnų" - 1968 m. liepos 5 d. //Vilnius, 1968, 402 p.

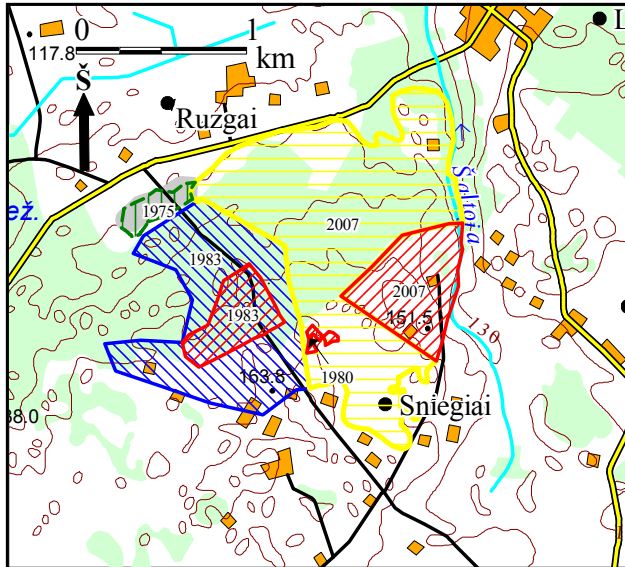
<sup>4</sup> D.Nenartavičienė, V.Taločkienė. Žvyrynų ir smėlynų paieškos Alytaus ir Lazdijų rajonuose ir Merkinės apylinkėse. //Vilnius, 1974, 1214 p.

<sup>5</sup> G.Juozapavičius, K.Kilda. Alytaus rajono Bogušiškių II žvyro telkinio geologinės žvalgybos ataskaita. //Vilnius, 1999, 27 p.

<sup>6</sup> Lietuvos TSR Geologijos valdyba Kompleksinė Geologijos Ekspedicija. Lietuvos TSR Mažeikių nebalansinių žvyro ir smėlio telkinių patikrinimas bei Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinio žvalgyba. (Paieškų ir žvalgybos būrys Nr. 3, Lietuvos objektas, 1980). //Vilnius, 1981.



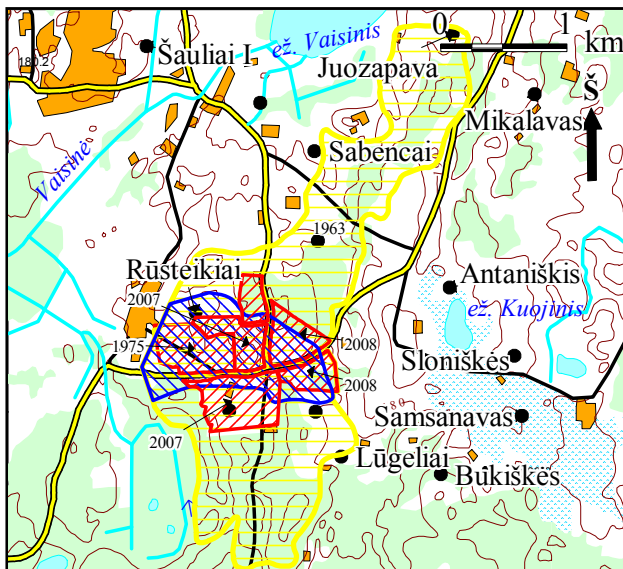
Sniegių – Šemetų plotas priklauso kraštinių gūbrių genetiniam potipiui. Šioje fluvioglacialinių kraštinių darinių paplitimo zonoje į vakarus nuo Sniegių žvyro telkinio jau 1964 metais buvo aptiktas ir paieškiniu detalumu įvertintas Šemetų žvyro telkinys.<sup>7</sup> Vėliau, 1975 metais šis telkinys buvo tikrintas.<sup>8</sup>



4 pav. Sniegių - Šemetų plotų situacijos planas

Darbu metu nustatytas žymiai platesnis perspektyvių žvyro telkiniams aptikti nuogulų paplitimas. 1980 metais žvalgybos darbai buvo vykdomi aplink Versloviškių kaimą. 1983 metais Šemetų prognoziniame plote buvo atlikta Šemetų II žvyro telkinio žvalgyba, 2007 metais buvo detalai išžvalgytas Sniegių telkinys ir išskirtas prognozinis išteklių plotas jungiantis abu telkinius.

Norint detaliau išsiaiškinti sudėtingos sandaros telkinių ypatybes tyrimams buvo pasirinktas dar vienas kraštinių darinių plotas – Rūsteikių, esantis Zarasų rajone.



5 pav. Rūsteikių plotų situacijos planas

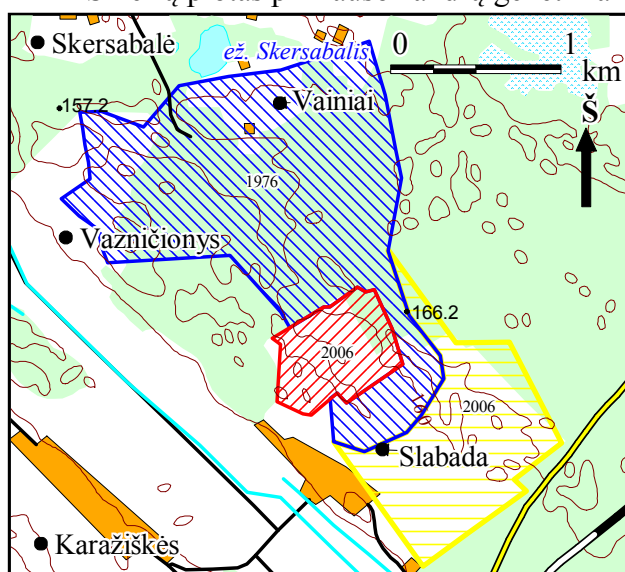
Rūsteikių žvyro telkinį 1963-1964 metais surado ir paieškiniu įvertino Geologinė paieškų ir žvalgybos ekspedicija. Šį plotą 1971 metais patikrino Kompiexsinė geologinė ekspedicija, o 1974-1975 metais jis buvo detalai išžvalgytas. 1989-1990 metais šio telkinio apylinkėse parengiamai įvertintas plotas iš visų pusių supa 1975 metais detalai išžvalgytą telkinį.

<sup>7</sup> V. Šakys, V.Gurklienė. Žvyro, tinkamo autokelių statybai, telkinių paieškos ir detali žvalgyba Lietuvos TSR Rokiškio-Papilio ruože (Biržų-Rokiškio ruožo atkarpa) bei Tauragės rajono „Skudvilės“ ir Trakų rajono „Kazokiškių“ žvyro telkinių detali žvalgyba. //Vilnius, 1964.

<sup>8</sup> J.Kličius, V.Piepolienė. Žvyro ir smėlio telkinių paieškos Lietuvos TSR Rokiškio rajone. // Vilnius, 1975.

2007 metais UAB „GJ Magma“ detaliai išžvalgė žvyro ir smėlio išteklius plote, kuris iš šiaurės rytų, rytų ir pietų gaubia 1975 metais išvalgytą telkinį, o 2008 metais į rytus buvo išvalgyti dar du plotai. Geologinių tyrinėjimų eigoje buvo sukaupta daug informacijos apie Rūsteikių kaimo apylinkėse plačiai paplitusias kraštinių darinių fluvio-glacialines žvyringas nuogulas. Lietuvos kvartero nuogulų skaitmeniniame geologiniame-litologiniame žemėlapyje aprašomo Rūsteikių žvyro ir smėlio telkinio didžioji dalis patenka į plonu klodu padengtą kraštinių glacigeninių nuogulų paplitimo plotą, nors didžioji tirtų nuogulų dalis yra fluvio-glacialinės kilmės.

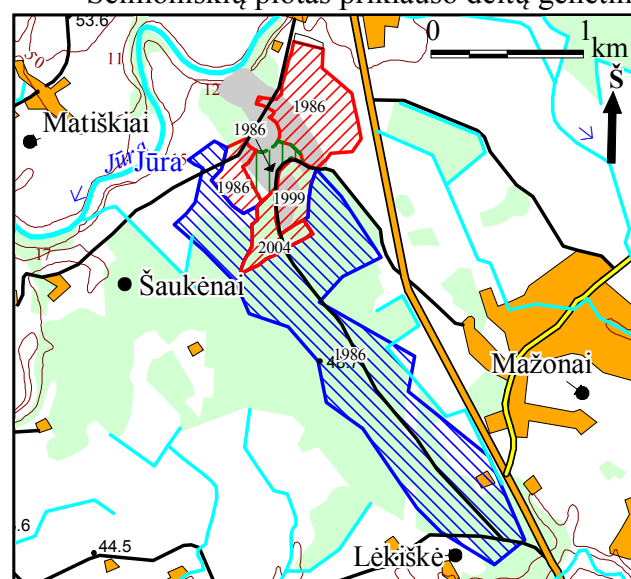
Šklėrių plotas priklauso zandrų genetiniam potipiui.



6 pav. Šklėrių plotų situacijos planas

Pirmieji žvyro telkinių tyrimo darbai šiose apylinkėse buvo atlikti 1970-1971 metais, kai Kompleksinė geologinė ekspedicija aptiko ir 1976 m parengtiniai išžvalgė Šklėrių žvyro telkinį. Šioje zandrinėje lygumoje yra žinoma daug stambių žvyro telkinių: Serapiniškės, Šventininkai, Miškiniai. Detalūs Šklėrių telkinio žvalgybos darbai buvo atlikti 2006 metais.

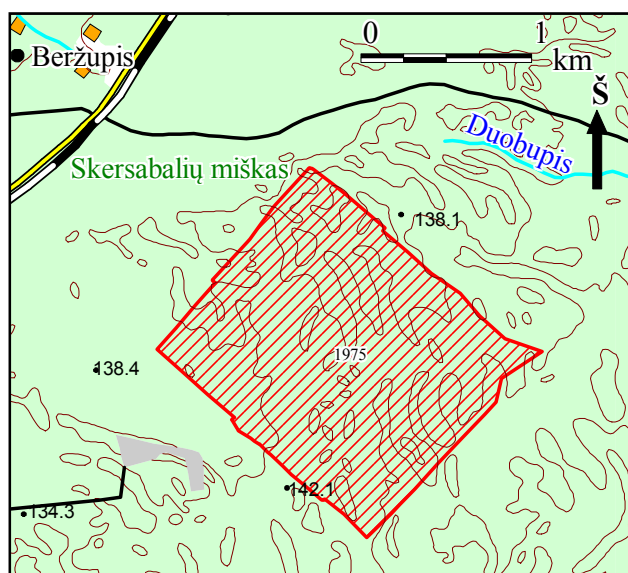
Selmoniškių plotas priklauso deltų genetiniam potipiui.



7 pav. Selmoniškių plotų situacijos planas

Fliuvioglacialinių nuogulų paplitimas Mažonų kaimo apylinkėse buvo užfiksuotas dar 1961 metais, atliekant vidutinio mastelio geologinės nuotraukos darbus. Šiose nuogulose 1965-1966 metais buvo aptiktas ir 4,5 ha plote išvalgytas žvyro telkinys. Telkinys buvo intensyviai naudojamas.

Senkantiems ištekliams papildyti 1982 metais Tauragės rajone buvo atlikti naujų žvyro ir smėlio plotų paieška ir jų įvertinimas. 1982-1983 metais Lietuvos geologijos institutas, atlikęs žvyro ir smėlio išteklių prognozavimą visoje Lietuvoje, nurodė galimą jų prieaugį aplink detaliai išžvalgytą Selmoniškių telkinį. Paviršinių kvartero nuogulų sandara ir atskirų litologinių atmainų paplitimas detaliai buvo ištirtas 1982-1985 metais, kai didžiojoje Žemaitijos dalyje buvo atliekami aerofotogeologinio kartografavimo darbai. Šie duomenys tapo pagrindu sudarant suvestinį visos Lietuvos skaitmeninį kvartero nuogulų žemėlapi. Senkant senojo Selmoniškių žvyro telkinio ištekliams, 1986 metais buvo užbaigti papildomos geologinės žvalgybos darbai. Parengtiniai išžvalgyto Selmoniškių žvyro telkinio šiaurinėje dalyje Valstybinis kelių projektavimo institutas 1990 metais išgrėžė 42 gręžinius su tikslu sudaryti telkinio eksploatacijos ir rekultivacijos projektą atskirai kelininkams ir Tauragės miškų urėdijai. Darbai pavadinti eksploatacine žvalgyba ir Lietuvos geologijos tarnybos geologijos fonde neregistruoti. Tuo pagrindu ir buvo pradėta žvyro gavyba. Tokia padėtis neatitiko galiojančių teisės aktų, nes pradėta naudoti telkinio dalis nebuvo detaliai ištirta, o ištekliai nebuvo patvirtinti Lietuvos geologijos tarnyboje. Todėl 1999 metais, karjerui pasiekus jau 4,3 ha plotą, VĮ „Tauragės miškų urėdija“ užsakymu dabar UAB „GJ Magma“ atliko detalią Selmoniškių žvyro telkinio naujo ploto žvalgybą.<sup>9</sup> 2004 metais buvo atlikti dar vieno naujo ploto detalios geologinės žvalgybos darbai.<sup>10</sup>



8 pav. Sandrupio ploto situacijos planas

Sandrupio smėlio telkinys išžvalgytas kontinentinių kopų masyve. Pirmieji žvalgybos darbai šiame plote buvo atlikti 1968 metais (Ненартавичене Д., 1968). Vėliau buvo atliekami tyrimai 1969 ir 1970 metais (Ненартавичене Д., 1969, Петроните В., 1970). Galutiniai detalios žvalgybos tyrimai atlikti 1975 metais (Ненартавичене Д., 1975).

<sup>9</sup> G.Juozapavičius, K.Kilda. Tauragės rajono Selmoniškių žvyro telkinio naujo ploto geologinės žvalgybos ataskaita. //G. Juozapavičiaus personalinė įmonė <<Magma>>, Vilnius, 1999, 66 p.

<sup>10</sup> G.Juozapavičius, K.Kilda, T.Mačiulis. Tauragės rajono Selmoniškių žvyro telkinio naujo ploto detalios žvalgybos ataskaita. //G. Juozapavičiaus personalinė įmonė <<Magma>>, Vilnius, 1999, 58 p.

---

Visų šių tyrimų medžiaga buvo naudojama disertaciniam darbui atlikti, nagrinėjant pasirinktų telkinių ir prognozinių plotų geologinę sandarą ir jų susidarymo sąlygas. Visos surinktos medžiagos pagrindu buvo atliktas pasirinktų plotų modeliavimas.

Modeliavimas yra esminė ir neatsiejama mokslinės veiklos dalis. Modelio kūrime yra svarbūs šie faktoriai:

- ⇒ galimybė paaiškinti buvusius stebėjimus,
- ⇒ galimybė nuspėti ateities stebėjimus (perspektyvių plotų naudingosioms iškasenoms išskyrimas),
- ⇒ galimybė valdyti procesus (modelio naudojimas telkinio eksploatavimo eigoje),
- ⇒ panaudojimo kaštai, ypač kelių modelių kombinacijose (modelio kūrimo, naudojimo kaštai)
- ⇒ paprastumas arba net estetinė išvaizda.

1990 metų viduryje geologijoje, kaip ir kituose moksluose, išryškėjo bendra vystymosi strategija – skaitmeninės informacijos duomenų bazių kūrimas šiuolaikinių kompiuterinių technologijų pagrindu. Šiuolaikinių kompiuterinių technologijų pažanga leido pereiti nuo „plokščių“ žemėlapių ir pjūvių prie tridimensinių modelių, kurie naudojami sprendžiant tiek teorines, tiek praktines užduotis trijų dimensijų erdvėje. Sukurtų 3D modelių pagrindu galima atlikti įvairius tyrimus. Pvz.: atkurti geologinį formavimąsi, nagrinėti naudingųjų iškasenų išteklius, spręsti hidrogeologinius, inžinerinius – geologinius, ekologinius uždavinius. Sekantis žingsnis geologinių modelių kūrime yra perėjimas prie keturdimensinio modeliavimo, tai yra ketvirto parametro – laiko įvedimo. Keturdimensinių modelių kūrimas leis tirti geologinę struktūrą laike.

Metodai naudojami modeliavime yra geometrization. Užsienyje naudingųjų iškasenų geometrization yra išskiriama kaip atskiras mokslas ir yra vadinamas kalnakasybos geometrija. Šio mokslo, kaip atskiros disciplinos atsiradimas, susijęs su XX amžiaus dvidešimtais metais. Anksčiau šie klausimai buvo sprendžiami naudingųjų iškasenų paieškos ir žvalgybos, kartografavimo kursuose. Lietuvoje taip yra iki šiol. Kalnakasybos geometrijos, kaip atskiros mokslo, pradininkas yra rusų mokslininkas P.K. Sobolevskij. Kuriant savo teoriją jis rėmėsi tuo, kad žemės gelmės yra sudėtingas kompleksas geocheminių laukų ir slūgsojimo formų, tačiau jis nėra atsitiktinė ir chaotiška įvairių medžiagų sandauga. Jis tvirtino, kad žemės gelmės turi

---

tokią sandarą ir tokį naudingųjų iškasenų išsidėstymo dėsningumą, kurią galima aprašyti matematiškai (geometriškai) su tam tikru tikslumu (Букринский В. А., Соболевский П.К., 1969). Bendru atveju naudingosios iškasenos struktūrinių sluoksnių arba kokybinių rodiklių skaitmeninė reikšmė  $V$  yra kintanti reikšmė, kuria matematiškai galima aprašyti išraiška:

$$V = f(x, y, z, t) \quad [1],$$

kur:

$f$  - funkcija,  $x, y$  – tiriamo taško koordinatės,  $z$  - altitudė,  $t$  – laikas.

Jo aprašyti metodai buvo sunkiai pritaikomi praktikoje, kadangi tuo metu nebuvo galingos kompiuterinės įrangos. Dabar, kai informacinių technologijų pasaulis vystosi sparčiais tempais, geometrizaracijos metodų taikymas geologų praktikoje yra labai aktualus klausimas, kuri nagrinėja daug pasaulio mokslininkų (Anglijoje – Kessler H., Mathers S., Lelliott, M., Bridge, D., Ford, J., Sobisch, H. G., Price, S., Merritt, J., Royse, K. (Kessler H. ir kt., 2005, 2008, 2009); Vokietijoje – Hans-Georg Sobisch ir kiti; Olandijoje – Hack R., Orlic B., Ozmuthlu S., Sides E.J ir kt. (Hack R. ir kt., 2006; Sides E.J., 1997); Kinijoje – Baojun V., Bin S., Zhen S. (Baojun W ir kt., 2009); Rusijoje – Aпуhtina I.V., Glazniov V.V., Matusevič A.V., Lukičev S.V., Ovsov M.K., Šarif D.A. (Апухтина И.В., 2008; Глазнёв В.В., 1999; Матусевич А.В., 1988; Лукичев С.В. и др., 2008, Овсов М.К., 2008, Шариф Д.А., 2009); Ukrainoje – Nazarenko V.M., Homenko S.A., Borejko L. (Назаренко В.М. и др., 2009, Борејко Л. 2009) ir kiti).

Per paskutiniuosius trisdešimt metų kalnakasybos programinių įrangų lygis smarkiai išaugo. Galima išskirti tris kompiuterinių technologijų šioje srityje vystymosi bangas. Pirmą bangą (apie 1960 m.) susijusi su telkinių paprastų modelių sudarymu. Jie leido įvertinti naudingosios iškasenos tonažą. Antrai bangai (apie 1970 m.) būdingas blokinis modeliavimas ir geostatistinis išteklių vertinimas. Šių technologijų taikymas leido geologams geriau atlikti išteklių prognozavimo darbus. Rezultatas - didesnis išteklių vertinimo patikimumas. Trečia banga susijusi su tridimensiniu geometriniu modeliavimu ir vizualizacija. Šios technologijos leidžia geologinę sandarą analizuoti kaip tridimensinį erdvinį objektą.

Dabar visame pasaulyje stengiamasi sukurti visiškai kompiuterizuotus modelius: pradėdant nuo žvalgybos duomenų analizės ir tęsiant juos telkinio eksploatavimo metu. Tačiau šie darbai vystosi ne tokiais sparčiais tempais, kadangi

---

kiekviena atskira įmonė yra suinteresuota atskirų procesų, o ne viso modelio automatizavimu. Pvz.: įmonės užsiimančios žvalgyba, ieško žvalgybos duomenų automatizavimo proceso, įmonės projektuojančios telkinius – projektinių sprendinių automatizavimo, įmonės eksploatuojančios karjerus – karjerų eksploatavimo procesų automatizavimo. Taip pat kuriamos specializuotos programinės įrangos dažnai yra skirtos tam tikrų, atskirų naudingųjų iškasenų vertinimui, dažnai įvairių rūdų telkiniams analizuoti. Šios specializuotos programinės įrangos kuriamos atskirose kompanijose arba tiesiog pačiose kalnakasybos arba su kalnakasyba susijusiose įmonėse. Pasaulyje yra 5 vyraujančios kompanijos nagrinėjančios geologinį modeliavimą, naudingųjų iškasenų išteklių vertinimą, kalnakasybos darbų projektavimą – Gemcom, Maptek, Mintec, Surpac ir Datamine.

Lietuvos rinkoje šių kompanijų produkcija neaptinkama, o automatizuotas telkinių analizavimas ir projektavimas nėra vykdomas. UAB „GJ Magma“ buvo pradėtas vykdyti projektas „Verslo valdymo sistemos diegimas“, kuriuo finansavimui buvo gauta Europos Sąjungos struktūrinė parama. Tokiu būdu atsirado galimybė pritaikyti praktines žinias, sukauptas dirbant UAB „GJ Magmoje“, automatizuotam telkinių modeliavimo programiniam paketui kurti ir šiam disertaciniam darbui paruošti. Kuriama programinė įranga skirta telkinių naudingosios iškasenos žvalgybos duomenų, projektinių sprendinių automatizuotam vertinimui Lietuvos sąlygomis.

---

## TYRIMŲ METODIKA

Darbai naudojami duomenys surinkti atliekant geologinę žvalgybą ir paiešką tyrimui išrinktuose etaloniniuose skirtingų genetinių potipių telkiniuose ir prognoziniuose plotuose: Bogušiškių žvyro (keimai), Kušlėnų žvyro ir smėlio (ozas), Sniegių ir Rūsteikių žvyro (kraštiniai fliuvioglacialiniai dariniai), Šklėrių žvyro ir smėlio (zandras), Selmoniškių žvyro (delta) ir Sandrupio smėlio (eoliniai dariniai), telkiniuose. Žvalgybos duomenų analizės metu yra atliekami laboratoriniai tyrimai, o duomenys apdorojami sukurta automatizuota naudingosios iškasenos kokybės rodiklių vertinimo programa. Jos veikimo principas detaliau aprašytas žemiau pateikiamame pirmame šio disertacinio darbo skyriuje (1 skyrius, 1.1 – 1.2 poskyriai).

Pagal gautų rezultatų duomenis atliekamas pasirinktų telkinių modeliavimas (kuriamas geologinis 3D modelis). 3D grafinio kompiuterinio modeliavimo metodika yra geometrizacija. Pagrindiniai telkinių 3D modelių kuriami elementai yra: geologinių paviršių modeliai ir geologinių kūnų modeliai. Jų kūrimo metodika taip pat pateikta žemiau (1 skyrius, 1.3 poskyris).

Sukurtas 3D telkinio modelis pirmiausia naudojamas telkinių ir prognozinių plotų erdvinei sandarai ir formavimosi sąlygoms vertinti. Analizuojant sukurtus 3D modelius, gauta informacija ir jos pagrindu daromos išvados buvo tikrinamos pasitelkiant ankstesnių tyrimų metų buvusias išvadas. Pvz.: nuogulų kaupimosi sąlygoms ir būdams pagrįsti panaudoti sluoksniuotumo tyrimai, nuogulas formavusių srautų hidrodinaminiam aktyvumui ir medžiagos prinešimo kryptčiai pagrįsti – sluoksnių polinkio kampų ir azimutų skritulinės bei rožių diagramos ir kt.

Sekančiame etape sukurtas 3D modelis naudojamas naudingųjų iškasenų geologinių išteklių apskaičiavimui ir vertinimui. Išteklių apskaičiavimas atliekamas 4 metodais: blokų, izolinių, profilių, „GRID“. „GRID“ (tinklelio) metodas yra išteklių apskaičiavimo metodas įdiegtas į automatizuotą kompiuterinę telkinių vertinimo programą, yra pats naujusias ir laiko sąnaudų atžvilgiu – patogiausias. Todėl lyginant rezultatus, gautus naudojant skirtingus išteklių apskaičiavimo metodus, skirtumas buvo skaičiuojamas būtent su šiuo metodu. Skaičiavimai buvo atlikti visuose išskirtuose skirtingų genetinių potipių etaloniniuose telkiniuose. Buvo bandoma nustatyti taikomų metodų privalumus ir trūkumus, bei išsiaiškinti skaičiavimo paklaidas taikant skirtingus išteklių skaičiavimo metodus. Gauti

---

rezultatai gali būti pritaikyti Lietuvos geologijos tarnyboje, tikrinant išgautą naudingosios iškasenos kiekį pagal pateiktus markšneiderinius planus, nustatant leidžiamas išteklių skaičiavimo paklaidas. Taikomų išteklių skaičiavimo metodai išsamiai aprašyti 1 skyriuje, 1.3 poskyryje.

Galiausiai 3D modelis naudojamas projektinių sprendinių priėmimui:

- pagal nurodytus karjero išorinio borto nedarbo pakopų polinkio kampus, kuriuos sistema parenka pagal sluoksnių litologinę sudėtį, nuodangos ir gavybos šlaitų projektavimui;
- nejudinamos telkinio pakraščio juostos, būtinos palikti karjero rekultivavimo darbams atlikti arba priemonėms taršai mažinti formuoti, išskirimui;
- naudingosios iškasenos nuostoliams ir išgaunamiems ištekliams vertinti;
- iškasamų erdvių apskaičiavimui;
- iškastų karjerų 3D modelių sudarymui;
- dinaminių kasybos tempų planų projektavimui;
- rekultivuotų karjerų 3D modelių sudarymui.

Visa tai skaičiuojama ir modeliuojama trimatėje erdvėje. Projektinių sprendinių priėmimo metodika pateikta 2 šio darbo skyriuje.



---

# I. NAUDINGŪJŲ IŠKASENŲ TELKINIŲ ŽVALGYBOS DUOMENŲ AUTOMATIZUOTA ANALIZĖ IR VERTINIMAS

## 1.1. ANALITINIŲ NAUDINGOSIOS IŠKASENOS KOKYBĖS RODIKLIŲ AUTOMATIZUOTAS VERTINIMAS, NAUDINGOJO KLODO RIBŲ IŠSKYRIMAS, PARAMETRŲ PERKĖLIMAS Į PLANUS

Tyrimų objektais šiame darbe buvo pasirinkti nerūdinių (žvyro, smėlio) naudingųjų iškasenų telkiniai. Žvyro ir smėlio panaudojimą apsprendžia jų fizinės savybės, granulimetrinė, mineralinė bei cheminė sudėtis. Išsiskiria dvi svarbiausios šių nuotrupinių uolienuų panaudojimo kryptys:

- ⇒ kada pritaikomos šių žaliavų fizinės savybės;
- ⇒ kada smėlis tampa stiklo ar metalurgijos pramonės žaliava (stiklo gamyba, sunkiųjų metalų išskyrimas, ugniai atsparios medžiagos).

Žvyras ir smėlis plačiausiai naudojamas pagal pirmą paskirtį, kada yra svarbios jų mechaninės (statybinės medžiagos, kelių statyba, abrazyvai, geležinkelio bėgių barstymas) ir terminės (formavimo smėlis) savybės arba kai naudojamas kaip pasyvus užpildas (betonai, statybiniai skiediniai, molio liesinimas, plytų gamyba). Tokios žaliavos kokybės rodikliai yra apibrėžti standartuose LST EN 12620:2003 lt (betono užpildai), LST EN 13139+AC:2004 lt (skiedinio užpildai) ir LST 1331:2002 lt (automobilių kelių gruntai). Pagal šiuos dokumentus naudingosios iškasenos panaudojimo galimybes lemia granulimetrinė sudėtis ir užterštumas molingosiomis dalelėmis (dulkiu ar smulkelėmis). Todėl šiame darbe buvo analizuotas granulimetrinės sudėties automatizuotas vertinimas.

Uolienuų skirstymas į riedulius, gargždą, žvirgždą, smėlį, aleuritą, molį remiasi dalelių dydžiais. Įvairiuose mokslų apie žemę srityse ribiniai šių trupinių dydžiai toms pačioms atmainoms yra skirtingi, todėl kartais to paties dydžio dalelės vadinamos skirtingais terminais. Litologai, sedimentologai, gruntotyrininkai, naudingųjų iškasenų specialistai, statybininkai dar ir dabar diskutuoja apie uolienuų klasifikavimą pagal grūdelių dydį. Lietuvoje išsamų skirtingų klasifikacijų palyginimą 1998 metais atliko Lietuvos geologijos tarnybos Mokslinės techninės informacijos grupė (Lietuvos geologijos tarnyba, MTI grupė, 1998).

---

Automatizuotos granulimetrinės sudėties programinės įrangos kūrimui buvo panaudotos dvi klasifikacijos:

1. išvestinė pagal žvyro ir smėlio panaudojimą statybinėms medžiagoms, automobilių kelių gruntams gaminti (apibendrinimą atliko UAB „GJ Magma“ vadovas G. Juozapavičius), pateikta 2 lentelėje.
2. automobilių kelių gruntų klasifikacija (pagal LST 1331:2002 lt ) – pateikta 3 – 7 lentelėse. Pagal šią klasifikaciją gruntai skirstomi į tris pagrindines grupes: stambiagrūdžiai, smulkiagrūdžiai, įvairiagrūdžiai. Smulkiagrūdžiai gruntai turi daug molingų – aleuritingų dalelių ir neturi praktinio pritaikymo, todėl smulčiau nėra nagrinėjami šiame darbe, taip pat jų klasifikacija nėra naudojama automatizuotoje granulimetrinės sudėties vertinimo programoje. Klasifikuojant stambiagrūdžius gruntus papildomai yra apskaičiuojamas kiekvieno mėginio rūšiuotumo koeficientas  $C_u$  ir sanklodos rodiklis  $C_c$ . Rūšiuotumo koeficientas yra grunto granulimetrinės sudėties nevienalytiškumo rodiklis ir yra nustatomas pagal formulę:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad [2]$$

kur:

$d_{60}, d_{10}$  – skersmenys dalelių, kurių grunte yra (atitinkamai) mažiau kaip 60 % ir 10 %.

Sanklodos rodiklis  $C_c$  apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}}, \quad [3]$$

$d_{60}, d_{30}, d_{10}$  – skersmenys dalelių, kurių grunte yra (atitinkamai) mažiau kaip 60 %, 30% ir 10 %. Literatūroje dažniausiai aprašomas grafinis šių dydžių radimo metodas. Proceso automatizavimui programinėje įrangoje naudojamas analitinis jų apskaičiavimo būdas. Taikomas toks algoritmas:

1. Pirmiausia apskaičiuojami frakcijų kumuliantai  $K$ , t.y. atliekamas sumavimas nuo mažiausios frakcijos vieną prie kitos.

Pvz.:  $K(\text{mažiausia frakcija}) = \text{tiesiog mažiausios frakcijos vertė}$ .  $K(\text{didesnė frakcija, pvz. } 0,63) = \text{frakcijos } (0,63) \text{ vertė} + K(\text{mažesnės})$ . Tokiu būdu kiekvienas  $K$  yra visų ankstesnių frakcijų suma (įskaitant esamą).

Jeigu frakcija iki 0,001 yra 5%, frakcija iki 0,1 yra 6%, frakcija iki 0,5 yra 4%, iki 0,63 yra 7%, iki 2 yra 13%, tada gausime tokius  $K$ :  $K(0,001) = 5$ ,  $K(0,1) = 11$ ,  $K(0,5) = 15$ ,  $K(0,63) = 22$ ,  $K(2) = 35$

2. Dabar ieškome tokių dviejų gretimų kumuliantų  $K$ , kad pirmas  $K = K(i-1)$  būtų  $\leq 10$  o antras  $K = K(i)$  būtų  $\geq 10$ ,

Pvz.:  $K(0,001) = K(i-1) = 5$  yra mažiau nei 10, o gretimas  $K(0,1) = K(i) = 11$  yra daugiau nei 10.

3. Radus punkte 2 aprašytus kumuliantus, skaičiuojame  $d_{10}$ :

$$d_{10} = \frac{[10 - K(i - 1)] \times F(i + 1) + K(i) - 10}{K(i) - K(i - 1)} \times F(i) \quad [4]$$

čia  $F(i)$  yra atitinkamas frakcijos dydis, pvz.:  $F(0,63)$  ir yra 0,63.

Pvz.:  $d_{10} = (10 - 5) \cdot 0,001 + [11 - 10] \cdot 0,1 / [11 - 5] = 0,005 + 0,1/6 = 0,0217$

Analogiškai yra atliekamas skersmenų dalelių, kurių grunte yra (atitinkamai) mažiau kaip 60 %, 30% ( $d_{30}$ ,  $d_{60}$ ) skaičiavimas.

**2 lentelė.** Granulimetrinė klasifikacija, panaudota automatizuotos programinės įrangos kūrimui

Sietų akučių dydis, mm												
Frakcija > 4 mm												<0,063
Frakcija > 2 mm												<0,063
>63	63-31,5	31,5-16	16-8	8-4	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,125	0,125-0,063	0,063-0,01	<0,01
	<i>stambus</i>	<i>smulkus</i>	<i>stambus</i>	<i>smulkus</i>	<i>itin stambus</i>	<i>stambus</i>	<i>vidutinis</i>	<i>smulkus</i>	<i>itin smulkus</i>	<i>molingas</i>		
<b>Rieduliai</b>	<b>Gargždas</b>		<b>Žvirgždas</b>		<b>Smėlis</b>							

Pastaba: Sietai ISO 3310-1 Retsch firmos, su kvadratinėmis skylutėmis

**3 lentelė.** Automobilių kelių gruntų pagrindinių grupių klasifikacija (pagal LST 1331:2002 lt)

Pagrindinės grupės pavadinimas	< 0,06 mm dalelių masė, %	Klasifikacijos
Stambiagrūdis gruntas	< 5 %	Klasifikacija pateikta 4 - 5 lentelėse
Įvairiagrūdis gruntas	5 - 30 %	Klasifikacija pateikta 6 lentelėje
Smulkiagrūdis gruntas	> 30 %	Klasifikacija neteikiama, kadangi jis netinka automobilių kelių gruntams

**4 lentelė.** Stambiagrūdžių gruntų grupė, atsižvelgiant į pagrindinių jų sudėties sandą (pagal LST 1331:2002 lt)

Grunto grupė	Žymenys	> 2 mm dalelių masė, %
Žvyras	<b>Ž</b>	> 40 %
Smėlis	<b>S</b>	< 40 %

**5 lentelė.** Stambiagrūdžių gruntų klasifikavimas, atsižvelgiant į jų rūšingumo koeficientą  $C_u$  ir sanklodos rodiklį  $C_c$  (pagal LST 1331:2002 lt )

Pavadinimas	Žymenys	$C_u$	$C_c$
Blogos sanklodos gruntas	<b>B</b>	< 6	Bet koks
Geros sanklodos gruntas	<b>G</b>	≥ 6	1 - 3
Įvairios (periodinės) sanklodos gruntas	<b>P</b>	≥ 6	< 1 arba > 3

**6 lentelė.** Įvairiagrūdžių gruntų klasifikavimas, atsižvelgiant į smulkiųjų dalelių kiekį (pagal LST 1331:2002 lt )

Pavadinimas	Žymenys	< 0,06 mm dalelių masė, %
Įvairiagrūdis gruntas, kuriame mažai smulkiųjų dalelių	<b>D</b> arba <b>M</b>	5 - 15 %
Įvairiagrūdis gruntas, kuriame daug smulkiųjų dalelių	<b>Do</b> arba <b>Mo</b>	> 15 iki 30 %

Programinė įranga sukurta naudojant duomenų bazės valdymo sistemą Microsoft Office Access (programavo A. Juozapavičius). Į programą įkeliami granulimetrinės analizės laboratorinių tyrimų duomenys Microsoft Office Excel formatu, gražinamas frakcijų kiekis procentine išraiška, bei atliktas klasifikavimas pagal 2 - 7 lenteles. Taip pat yra automatiškai sugeneruojamos sekančios lentelės:

1. viso telkinio tirtų nuogulų granulimetrinė sudėtis;
2. telkinio tirtų nuogulų atstojamoji granulimetrinė sudėtis;
3. telkinio naudingojo klogo nuogulų pagal vidurkines atstojamąsias reikšmes gręžiniuose granulimetrinė sudėtis;
4. telkinio įvairių gruntų grupių atstojamoji (pagal vidurkines atstojamąsias reikšmes gręžiniuose) granulimetrinė nuogulų sudėtis;
5. telkinio naudingojo sluoksnio panaudojimo galimybės;
6. telkinio  $C_u$  ir  $C_c$  parametrai.

Išvestinių duomenų formatas yra Microsoft Office Excel. Visi pradiniai duomenys yra įvedami su koordinatėmis (X, Y), todėl apdorota informacija gali būti iš karto perkeliama į planus, kuriuos grafine automatizuoto projektavimo sistema, kuri buvo sukurta AutoCAD Civil 3D pagrindu UAB „GJ Magma“ užsakymu (programavo UAB „Infoera“).

7 lentelė. Bendra automobilių kelių gruntų klasifikacija (pagal LST 1331:2002 lt )

Pagrindinė grupė	Dalelių skersmuo ≤ 0,06 mm	Dalelių skersmuo > 2 mm	Grunto grupė	Trumpasis žymuo (grupės simbolis)	Atpažinimo požymis		
	Stambiagrūdis gruntas						
Stambiagrūdis gruntas	< 5 %	> 40 %	Blogos sanklodos žvyras	<b>ŽB</b>	Stati granulimetrinė kreivė, kai dominuoja vienos frakcijos dalelės		
			Cu < 6				
			Cc - bet koks				
			Geros sanklodos žvyras	<b>ŽG</b>	Nepertraukiama granulimetrinė kreivė per daugelį granulimetrinių sričių		
			Cu ≥ 6				
			Cc - 1 - 3				
	Periodinės sanklodos žvyras	<b>ŽP</b>	Dažniausia periodinės sanklodos granulimetrinė kreivė, kai nėra vienos ar kelių frakcijų dalelių				
	Cu ≥ 6						
	Cc < 1 arba >3						
	< 40 %	< 40 %	Smėlis	Blogos sanklodos smėlis	<b>SB</b>	Stati granulimetrinė kreivė, kai dominuoja vienos frakcijos dalelės	
				Cu < 6			
				Cc - bet koks			
Geros sanklodos smėlis			<b>SG</b>	Nepertraukiama granulimetrinė kreivė per daugelį granulimetrinių sričių			
Cu ≥ 6							
Cc - 1 - 3							
Periodinės sanklodos smėlis	<b>SP</b>	Dažniausia periodinės sanklodos granulimetrinė kreivė, kai nėra vienos ar kelių frakcijų dalelių					
Cu ≥ 6							
Cc < 1 arba >3							
Įvairigrūdis gruntas	5 - 30 %	> 40 %	Dulkingasis žvyras	5 - 15 % ≤ 0,06 mm	<b>ŽD</b>	Geros sanklodos arba periodinės sanklodos medžiagos granulimetrinė kreivė. Smulkiosiose dalelėse vyrauja dulquio dalelės	
				15 - 30 % ≤ 0,06 mm	<b>ŽDo</b>		
			Molingasis žvyras	5 - 15 % ≤ 0,06 mm	<b>ŽM</b>		Geros sanklodos arba periodinės sanklodos medžiagos granulimetrinė kreivė. Smulkiosiose dalelėse vyrauja molio dalelės
				15 - 30 % ≤ 0,06 mm	<b>ŽMo</b>		
	< 40 %	Dulkingasis smėlis	5 - 15 % ≤ 0,06 mm	<b>SD</b>	Geros sanklodos arba periodinės sanklodos medžiagos granulimetrinė kreivė. Smulkiosiose dalelėse vyrauja dulquio dalelės		
			15 - 30 % ≤ 0,06 mm	<b>SDo</b>			
		Molingasis smėlis	5 - 15 % ≤ 0,06 mm	<b>SM</b>		Geros sanklodos arba periodinės sanklodos medžiagos granulimetrinė kreivė. Smulkiosiose dalelėse vyrauja molio dalelės	
			15 - 30 % ≤ 0,06 mm	<b>SMo</b>			

Gręžinių aprašymui pagal granulimetrinės analizės duomenis taip pat naudojama programinė įranga, suteikianti galimybę atlikti šį veiksmą automatizuotai.

Programinė įranga buvo programuojama Python programavimo kalba (programavo UAB „GJ Magma“ geologas D. Azaravičius). Į programą įkeliami granulimetrinės analizės laboratorinių tyrimų duomenys, kuriuos galima įvesti dviem formatais: gramais arba procentine išraiška (t.y. dalinai apdorotus, dažniausiai gaunamus iš Lietuvos geologijos tarnybos fondų archyvų). Duomenys įkeliami naudojant tekstinių duomenų saugojimo formatą (.csv (comma delimited)). Įvesti duomenys apdorojami pagal klasifikacijas pateiktas 2 ir 8 lentelėse bei išvedami XHTML formatu, kuris atidaromas per internetinės naršyklės langą. Gaunamas tekstinis kiekvieno mėginio aprašymas, kuriuo ištraukos pavyzdys pateiktas 9 lentelėje. Sukurta programinė įranga yra testavimo stadijoje, nuolat tobulinama, ateityje tikimasi išplėsti jos panaudojimo sritį ir galimybes.

**8 lentelė.** Granulimetrinė klasifikacija, panaudota automatizuotos programinės įrangos kūrimui (skirta grėžinių aprašymui)

<b>Frakcija &gt; 4 mm</b>	
> 20 %	Žvyras stambus
10 - 20 %	Žvyras smulkus
5 - 10 %	Smėlis žvirgždingas
< 5 %	Smėlis
<b>Pagrindinės smėlio frakcijos kiekis</b>	
> 50 %	Smėlis gerai išrūšiuotas
40 - 50 %	Smėlis įvairigrūdis, vyrauja...
< 40 %	Smėlis įvairigrūdis, nežymiai vyrauja....
<b>&lt;0.063 mm (molingos - aleritingos dalelės)</b>	
< 5 %	nemolingas
5 - 10 %	turintis nedaug molingų-aleuritingų dalelių
10 - 15 %	turintis daug molingų-aleuritingų dalelių
> 15 %	molingas-aleuritingas
> 30 %	netinka

**9 lentelė.** Ištrauka iš gręžinių aprašymo atlikto programine įranga

Gręžinys	Sluoksniu pado gylis, m	Litologinis pjūvis	Mėginio Nr. /paėmimo intervalas, m	Analizės rūšis
2_10	3	Žvyras stambus. žvirgždo ir gargždo (frakcija 4-63 mm) yra 37.64 %. Smėlis žvyre įvairus, turintys nedaug molingų-aleuritingų dalelių.	1/0,2-3,0	gr, f.k.
3_10	2,8	Žvyras stambus. žvirgždo ir gargždo (frakcija 4-63 mm) yra 38.59 %. Smėlis žvyre įvairus, turintys nedaug molingų-aleuritingų dalelių.	1/0,6-2,8	gr, f.k.

Išanalizavus naudingosios iškasenos kokybės rodiklius, atliekamas naudingojo klodo ribų išskyrimas.

Išteklių kontūro išskyrimas – tai yra bendro pramoninio kontūro, kuriuo naudingosios iškasenos ištekliai atribojami nuo juos talpinančių uolienu, nustatymas (Deltuva J. ir kt., 2006; Авдониин В.В. и др., 2007) . Kontūras gali būti:

⇒ Nulinis – charakterizuoja visiška naudingos iškasenos išsipleišėjimą; Pravedamas per taškus, kuriuose naudingos iškasenos storis lygus 0.

⇒ Pramoninis – atskiria pramoninį kūną nuo nepramoninio. Pravedamas per taškus su rodiklių (naudingos iškasenos, nuodangos koeficiento) mažiausiomis reikšmėmis.

Nuodangos koeficientas – tai dangos ir naudingojo klodo santykis:

$$K_d = \frac{h_d}{h_n}, \quad [5]$$

kur:

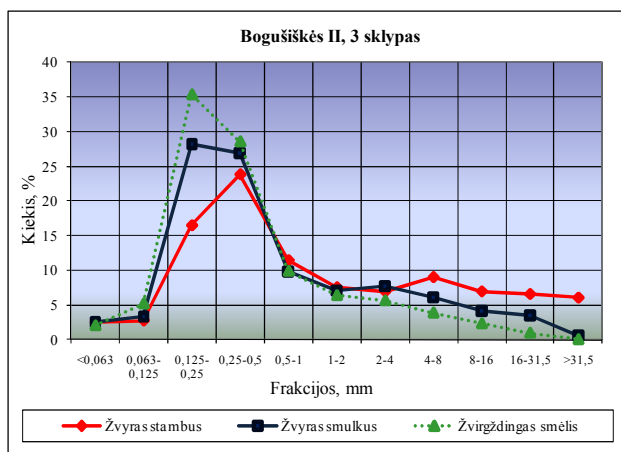
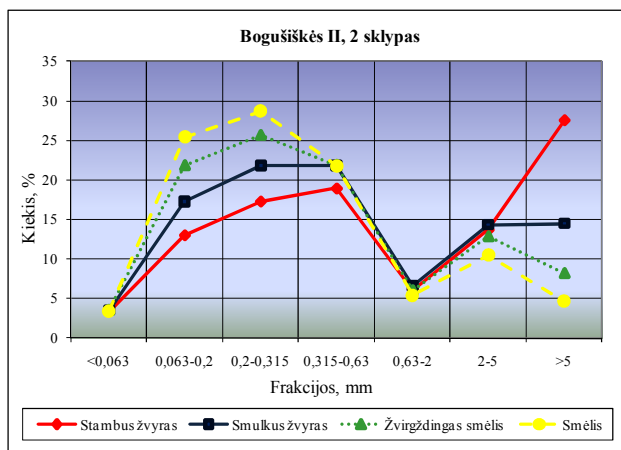
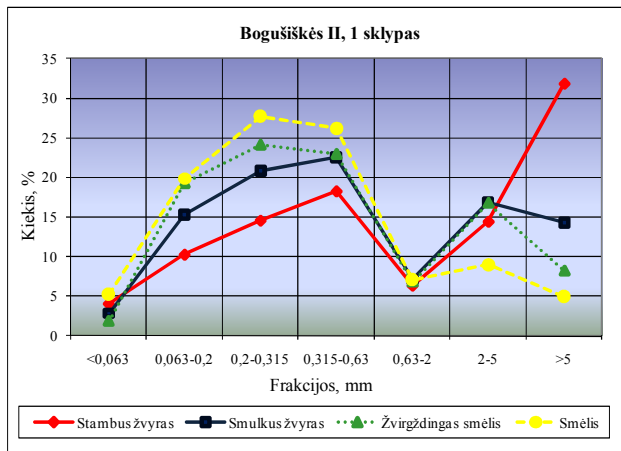
$h_d$  – dangos storis,  $h_n$  - naudingo klodo storis.

Be to, naudingosios iškasenos kontūro išskyrimui įtakos turi kasybos technologijų reikalavimai (turima pas užsakovą technika), telkinio įsisavinimo ekonominis efektyvumas, aplinkosauginiai reikalavimai, specialios žemės ir miško naudojimo sąlygos (įvairių apsaugos zonų būtinumas).

Aprašytos programos buvo panaudotos tyrimui atrinktų telkinių ir prognozinių plotų naudingosios iškasenos kokybės rodiklių automatizuotam vertinimui.

Darbe žemiau pateikti pagrindiniai duomenys, vertinant naudingosios iškasenos kokybės rodiklius, dalyje tiriamų plotų – detaliam išžvalgytų telkinių zonose:

Bogušiškių 1 , 2 sklype (žvalgyti 2002 metais), 3 sklype (žvalgytas 2006 metais); Kušlėnų smėlio ir žvyro (2004 metų); Sniegių (2007 metų); Rūsteikių (1975 metų) ; Šklėrių (2006 metų); Selmoniškių (2004 metų); Sandrupio (1975 metų).



**9 pav.** Bogušiškių II žvyro telkinio fluvio-glacialinių nuogulų vidurkinės granulimetrinės sudėties pasiskirstymo kreivės

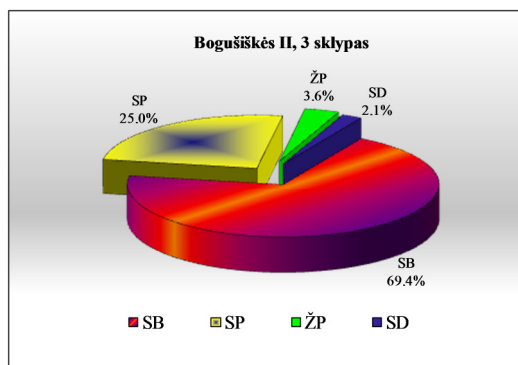
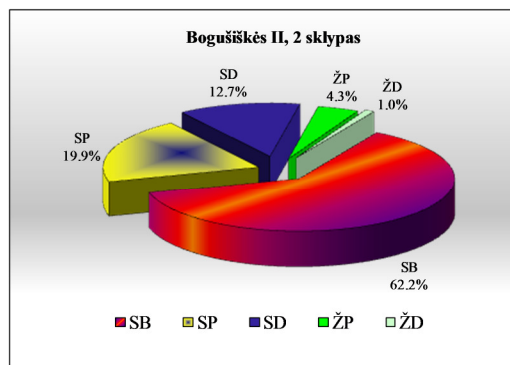
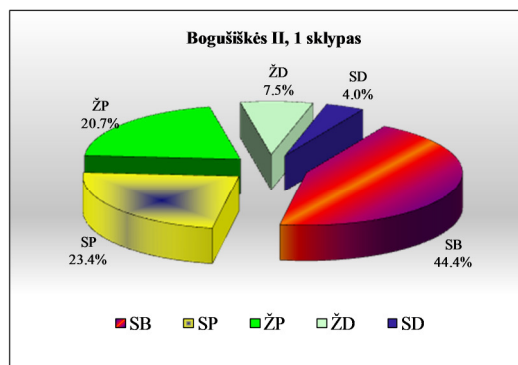
Pagal detalios granulimetrinės analizės rezultatus Bogušiškių II 1 ir 2 sklypuose buvo išskirtos dvi žvyro (stambaus ir smulkaus) ir dvi smėlio (žvirgždingo ir įvairaus) litologinės atmainos, 3 sklype – taip pat dvi žvyro ir tik viena smėlio litologinės atmainos (9 pav.).

1 ir 2 sklypo sandara yra labai panaši. Frakcijos > 5 mm vidurkinis kiekis abiejuose sklypuose sudaro 14,3-14,4 %. Stambus žvyras 1 sklype užima apie 60 % ištirtu kūno tūrio, o 2 sklype analogiškos sudėties sluoksniai užima tikrai apie 38 %. Šie duomenys rodo, kad fluvio-glacialinių nuogulų sudėtis pietų kryptimi smulkeja. Smulkesnis žvyras abiejuose šiuose sklypuose turi nežymiai mažesnę molingų-aleuritingų dalelių kiekį nei rupesnę jo atmainą. Žvirgždingas smėlis pirmame sklype rupesnis. Žvirgždo kiekis jame kinta nuo 5,7 iki 9,8 % ir abiejuose sklypuose vidutiniškai sudaro po 8,2 %. Įvairagrūdžio smėlio sluoksniuose ryškesnė smulkaus smėlio frakcijos koncentracija.



Trečio sklypo stambaus žvyro sluoksniuose rupioje nuogulų dalyje vyrauja žvirgždo ir smulkaus gargždo frakcijos, smėlingoji tokių sluoksnių dalis yra įvairiagrūdė, blogai išrūšiuota, labai nežymiai vyrauja vidutinio smėlio frakcija (9 pav.). Žvyras nemolingas. Smulkaus žvyro sluoksniuose rupioji nuogulų dalis sudaryta beveik vien iš smulkaus žvirgždo. Smėlingoji smulkaus žvyro dalis taip pat kaip ir stambaus žvyro sluoksniuose yra įvairiagrūdė, prastai išrūšiuota, nežymiai vyrauja smulkaus ar vidutinio smėlio frakcija ir yra padidėjęs smulkių smiltelių kiekis, o molingų-aleuritingų dalelių kiekis toks pats kaip ir stambiame žvyre. Žvirgždingo smėlio sluoksniuose ryškesnė smulkaus smėlio frakcijos koncentracija. Tuo tarpu rupaus ir vidutinio smėlio frakcijų kiekis tokiam smėlyje yra beveik toks pat kaip ir praturtintuose žvirgždu fliuvioglacialinėse nuogulose. Molingų-aleuritingų dalelių kiekis kiek sumažėjęs lyginant su žvyro atmainomis.

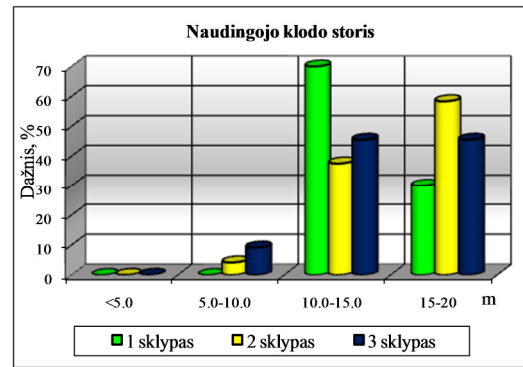
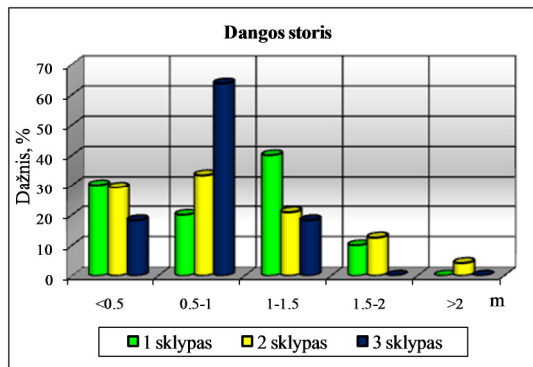
Vertinant naudingosios iškasenos kokybės rodiklius pagal automobilių kelių gruntų klasifikaciją pirmuose dviejuose sklypuose buvo išskirtos 5 gruntų, tinkančių automobilių kelių tiesimui, trečiame sklype – 4 grupės (10 pav.).



### Gruntų indeksai:

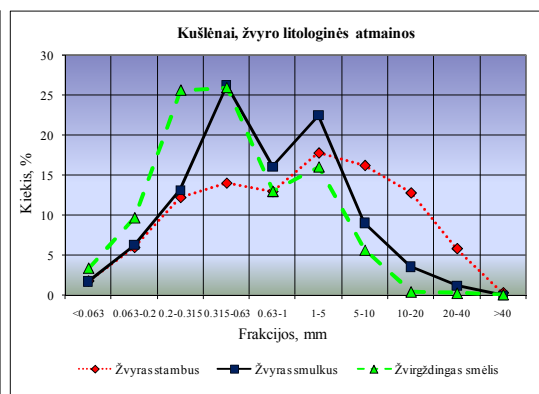
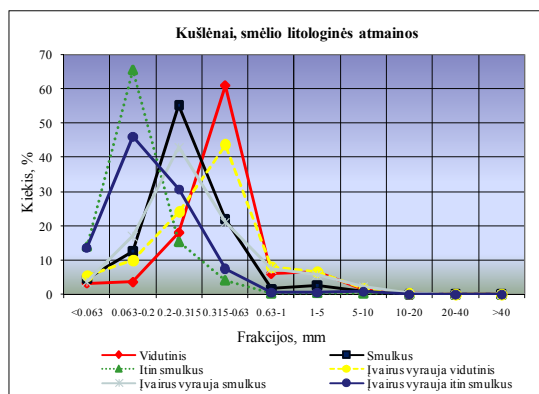
- SB - blogos sanklodos smėlis,
- SP - periodinės sanklodos smėlis,
- SD - įvairiagrūdis smėlis, kuriame mažai smulkiųjų dalelių,
- ŽP - periodinės sanklodos žvyras,
- ŽD - žvyras, kuriame mažai smulkiųjų dalelių

10 pav. Bogušiškių II žvyro telkinio naudingojo klodo gruntų tipų santykio diagramos



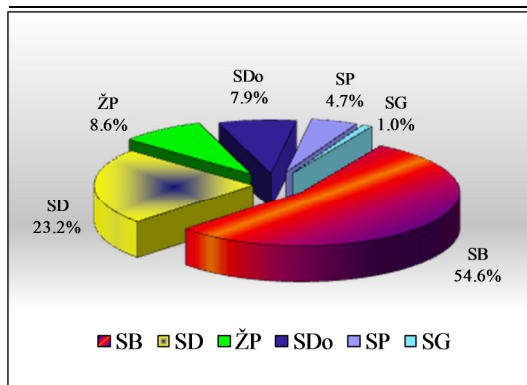
**11 pav.** Bogušiškių II žvyro telkinio dangos ir naudingojo klodo storių kaitos histogramos

Kušlėnų smėlio ir žvyro 2004 metų žvalgybos plote detalios granulimetrinės analizės pagrindu buvo galima išskirti 9 litologines žvyro ir smėlio atmainas (12 pav.). Jų sudėtingą persisluoksniavimą parodo sudarytas ir žemiau pateiktas 3D geologinis modelis (42 pav.). Šio telkinio fluvio-glacialinių nuogulų storumė sudaryta iš žvyro ir įvairios sudėties smėlio. Galima išskirti iki 7 atmainų smėlio sluoksnius ir 2 – žvyro. Stambiame žvyre vyrauja 5-20 mm skersmens apvalainukai. Didesni nei 40 mm skersmens akmenukai yra reti. Smulkiame žvyre vyrauja 5-10 mm skersmens apvalainukai. Smėlio nuogulų atmainų gama labai plati: nuo žvirgždingo iki itin smulkaus molingo, pereinančio į smėlingą aleuritą (12 pav.). Žvirgždingas smėlis turi nedaug frakcijos rupesnės už 5 mm. Ji sudaro apie 5-8,4 %. Šiuose sluoksniuose vyrauja vidutinio ir smulkaus smėlio frakcijos.



**12 pav.** Kušlėnų smėlio ir žvyro telkinio fluvio-glacialinių nuogulų vidurkinės granulimetrinės sudėties pasiskirstymo kreivės

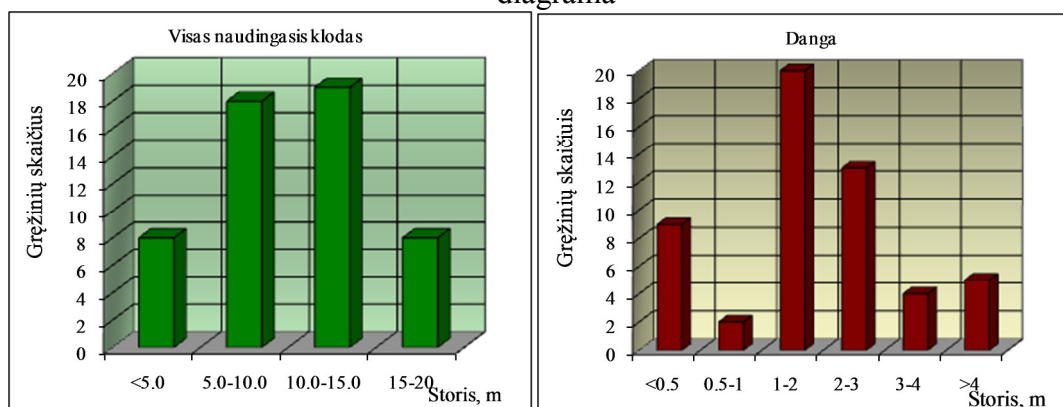
Vertinant naudingosios iškasenos kokybės rodiklius pagal automobilių kelių gruntų klasifikaciją Kušlėnų 2004 metų žvalgybos plote buvo išskirtos 6 gruntų, tinkančių automobilių kelių tiesimui, 4 grupės (13 pav.).



#### Gruntų indeksai:

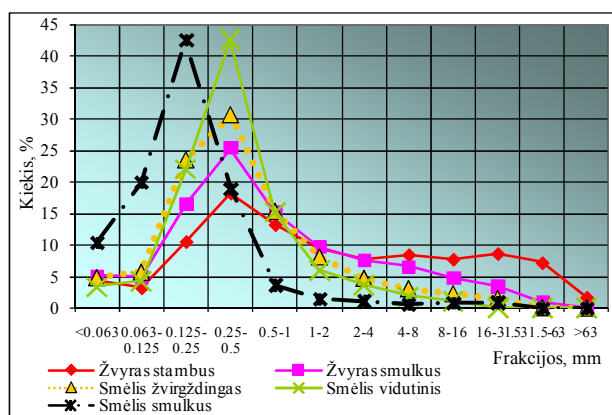
SB - blogos sanklodos smėlis,  
 SG - geros sanklodos smėlis,  
 SP - periodinės sanklodos smėlis,  
 SD - įvairiagrūdis smėlis, kuriame mažai smulkiųjų dalelių,  
 SDo - įvairiagrūdis smėlis, kuriame daug smulkiųjų dalelių,  
 ŽP - periodinės sanklodos žvyras

**13 pav.** Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinio naudingojo klodo gruntų tipų santykio diagrama



**14 pav.** Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinio dangos ir naudingojo klodo storių kaitos histogramos

Sniegių žvyro 2007 metų žvalgybos plote detalios granulimetrinės analizės pagrindu buvo išskirtos dvi žvyro ir trys smėlio litologinės atmainos (15 pav.).

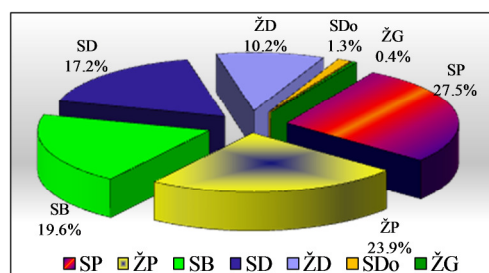


**15 pav.** Sniegių žvyro telkinio fluvio-glacialinių nuogulų vidurkinės granulimetrinės sudėties pasiskirstymo kreivės

Stambaus žvyro sluoksniuose vyrauja stambaus gargždo ir žvirgždo frakcijos, taip pat aptinkama riedulių. Smėlingoji tokių sluoksnių dalis yra įvairiagrūdė, blogai išrūšiuota. Labai nežymiai vyrauja vidutinio ir stambaus smėlio frakcija. Smulkaus žvyro sluoksniuose rupioji nuogulų dalis sudaryta beveik vien iš žvirgždo, nes ryškiai vyrauja 4-8 ir 8-16 mm frakcijos ir sudaro beveik tris kartus daugiau nei gargždo frakcijos.

Smėlingoji smulkaus žvyro dalis taip pat kaip ir stambaus žvyro sluoksniuose yra įvairiagrūdė, prastai išrūšiuota, nežymiai vyrauja vidutinio ir smulkaus smėlio frakcijos. Visas žvyras nėra įsotintas molingomis-aleuritingomis dalelėmis, nors smulkesnis žvyras turi santykinai daugiau šių dalelių nei stambaus žvyro sluoksniai. Žvirgždingo smėlio sluoksniuose vidurkinės granulometrinės sudėties pasiskirstymo kreivės labai panašios į smulkaus žvyro, tik didesnė smėlingų ir mažesnė žvirgždingų frakcijų koncentracija (15 pav.). Įvairiagrūdžio (vidutinio ir smulkaus) smėlio sluoksniuose išaugusi smulkaus smėlio frakcijos koncentracija, lyginant su aukščiau aprašytais žvyro ir smėlio atmainomis. Pagal vyraujančią frakciją išskiriamos vidutinio ir smulkaus smėlio atmainos. Pastaroji yra reta, o joje gausią dalį, per 10 %, sudaro molingos-aleuritingos dalelės. Tuo tarpu vidutinio smėlio atmainos yra mažiausiai užterštos minėtomis smulkiosiomis dalelėmis.

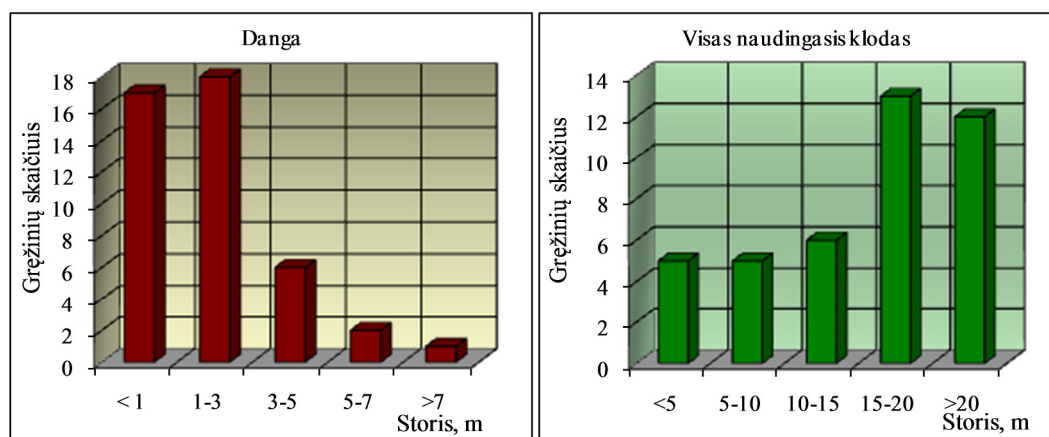
Vertinant naudingosios iškasenos kokybės rodiklius pagal automobilių kelių gruntų klasifikaciją, Sniegių žvyro telkinio 2007 metų žvalgybos plote buvo išskirtos 7 gruntų, tinkančių automobilių kelių tiesimui, grupės (16 pav.).



#### Gruntų indeksai:

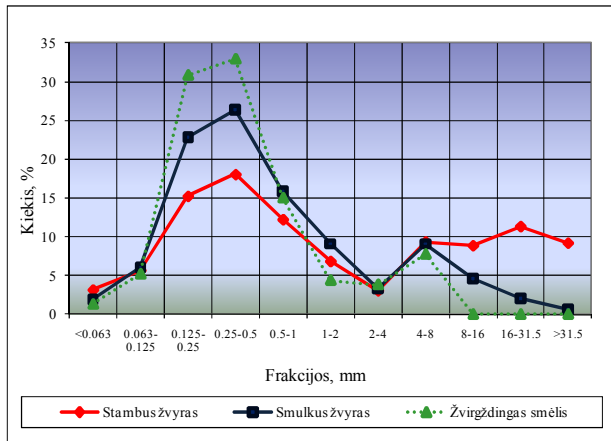
SB - blogos sanklodos smėlis, SP - periodinės sanklodos smėlis, SD - įvairiagrūdis smėlis, kuriame mažai smulkiųjų dalelių, SDo - įvairiagrūdis smėlis, kuriame daug smulkiųjų dalelių, ŽP - periodinės sanklodos žvyras, ŽD - žvyras, kuriame mažai smulkiųjų dalelių, ŽG - geros sanklodos žvyras.

**16 pav.** Sniegių žvyro telkinio naudingojo kledo gruntų tipų santykio diagrama



**17 pav.** Sniegių žvyro telkinio dangos ir naudingojo kledo storių kaitos histogramos

Rūsteikių žvyro 1975 metų žvalgybos plote (sklype, kuriame atliktas kasybos darbų projektavimas) detalios granulometrinės analizės pagrindu buvo išskirtos dvi žvyro ir viena smėlio litologinės atmainos (18 pav.).

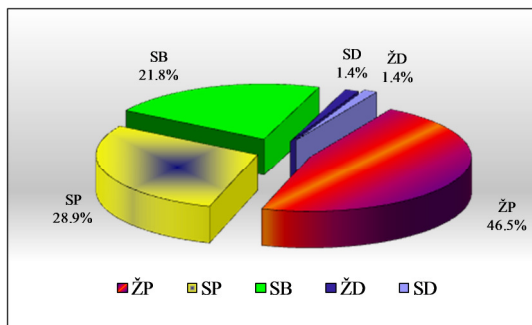


**18 pav.** Rūsteikių žvyro telkinio fliuvio-glacialinių nuogulų vidurkinės granulometrinės sudėties pasiskirstymo kreivės

Stambaus žvyro sluoksniuose vyrauja smulkaus gargždo frakcija, smėlingoje tokių sluoksnių dalyje vyrauja vidutinis smėlis. Smulkaus žvyro sluoksniuose rupioje nuogulų dalyje vyrauja smulkaus žvirgždo frakcija, gargždo dalelių yra žymiau mažiau negu stambaus žvyro

sluoksniuose. Smėlingoje dalyje, taip ir stambiame žvyre, vyrauja vidutinis smėlis. Žvirgždingo smėlio sluoksniuose taip pat ryškesnė vidutinio smėlio frakcijos koncentracija. Molingų-aleuritingų dalelių kiekis kiek sumažėjęs lyginant su žvyro atmainomis.

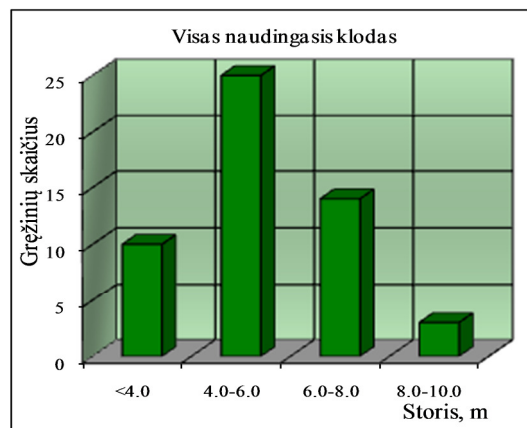
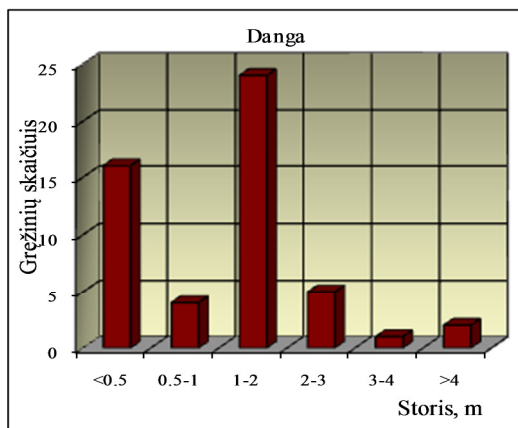
Vertinant naudingosios iškasenos kokybės rodiklius pagal automobilių kelių gruntų klasifikaciją Rūsteikių žvyro telkinio 1975 metų žvalgybos plote buvo išskirtos 5 gruntų, tinkančių automobilių kelių tiesimui, grupės (19 pav.).



**Gruntų indeksai:**

ŽP - periodinės (įvairios) sanklodos žvyras;  
 SP - periodinės (įvairios) sanklodos smėlis;  
 SB - blogos sanklodos smėlis; ŽD - žvyras, kuriame nedaug smulkiųjų dalelių;  
 SD - smėlis, kuriame nedaug smulkiųjų dalelių.

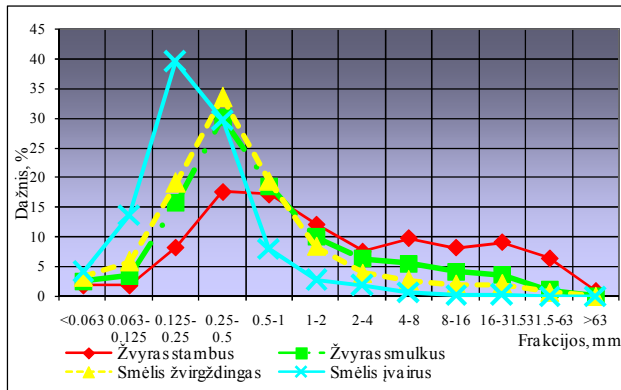
**19 pav.** Rūsteikių žvyro telkinio naudingojo klogo gruntų tipų santykio diagrama



**20 pav.** Rūsteikių žvyro telkinio dangos ir naudingojo klogo storių kaitos

histogramos

Šklėrių žvyro ir smėlio 2006 metų žvalgybos plote detalios granuliometrinės analizės rezultate buvo išskirtos po dvi žvyro ir smėlio litologinės atmainos (21 pav.). Stambaus žvyro sluoksniuose vyrauja žvirgždo ir smulkaus gargždo frakcijos, taip pat aptinkama riedulių. Smėlingoji tokių sluoksnių dalis yra įvairiagrūdė, blogai išrūšiuota. Labai nežymiai vyrauja vidutinio ir stambaus smėlio frakcija.

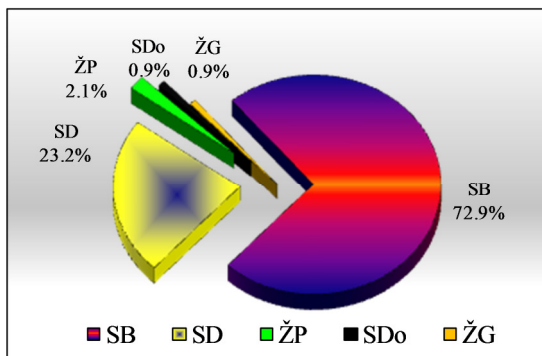


**21 pav.** Šklėrių žvyro ir smėlio telkinio fluvio-glacialinių nuogulų vidurkinės granuliometrinės sudėties pasiskirstymo kreivės

Smulkaus žvyro sluoksniuose rupioji nuogulų dalis sudaryta beveik vien iš smulkaus žvirgždo, nes frakcija 4-8 mm ryškiai vyrauja ir sudaro beveik du kartus daugiau nei smulkaus gargždo frakcija. Smėlingoji smulkaus žvyro dalis taip pat kaip ir stambaus žvyro sluoksniuose yra įvairiagrūdė, prastai išrūšiuota, nežymiai vyrauja vidutinio smėlio frakcija. Visas žvyras nemolingas.

Žvirgždingo smėlio sluoksniuose vidurkinės granuliometrinės sudėties pasiskirstymo kreivės labai panašios į smulkaus žvyro, tik didesnė smėlingų ir mažesnė žvirgždingų frakcijų koncentracija. Įvairiagrūdžio smėlio sluoksniuose išaugusi smulkaus smėlio frakcijos koncentracija, lyginant su aukščiau aprašytais žvyro ir smėlio atmainomis. Toks smėlis, kaip ir kitos išskirtos atmainos, nemolingas.

Vertinant naudingosios iškasenos kokybės rodiklius pagal automobilių kelių gruntų klasifikaciją Šklėrių žvyro ir smėlio telkinio 2006 metų žvalgybos plote buvo išskirtos 5 gruntų, tinkančių automobilių kelių tiesimui, grupės (22 pav.).

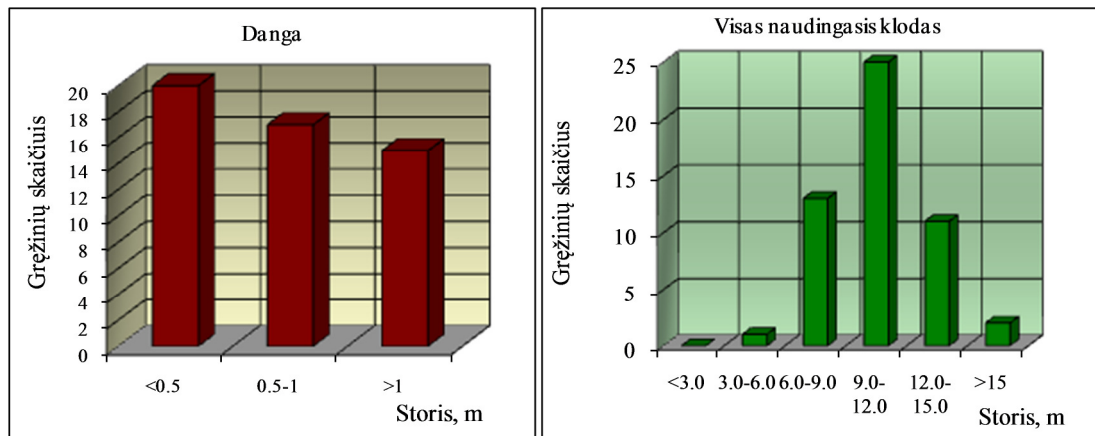


**Gruntų indeksai:**

SB - blogos sanklodos smėlis, SD - įvairiagrūdis smėlis, kuriame mažai smulkiųjų dalelių, SDo - įvairiagrūdis smėlis, kuriame daug smulkiųjų dalelių, ŽP - periodinės sanklodos žvyras, ŽG - geros sanklodos žvyras.

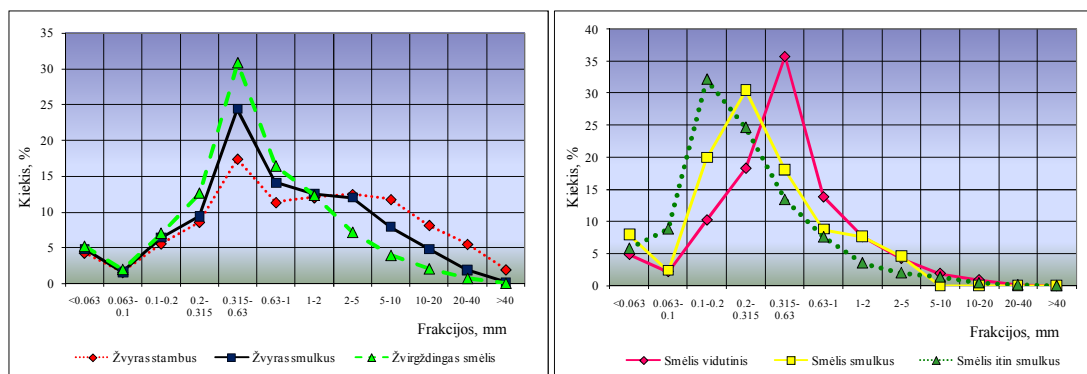
**22 pav.** Šklėrių žvyro ir smėlio telkinio naudingojo klodo gruntų tipų santykio diagrama





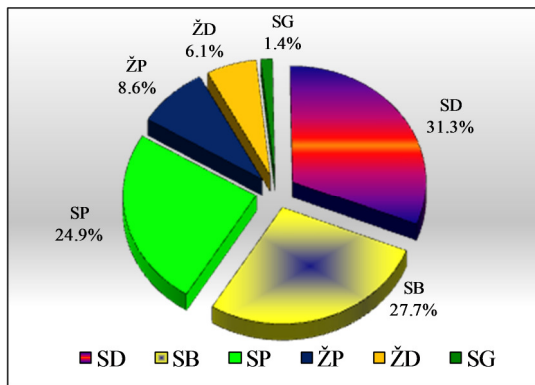
**23 pav.** Šklėrių žvyro ir smėlio telkinio dangos ir naudingojo klotas storių kaitos histogramos

Selmoniškų žvyro telkinio 2004 metų žvalgybos plote detalios granulimetrinės analizės rezultate buvo išskirtos išskirti 2 žvyro ir 4 smėlio atmainos. Bendra visoms šioms nuoguloms yra tai, kad jos mažai turi molingų-aleuritingų dalelių. Fluvioglacialinio žvyro atmainose rupioje dalyje vyrauja žvirgždo dalelės, smėlio dalyje vyrauja vidutinio ir rupaus smėlio dalelės, jų yra žymiai daugiau lyginant su žvirgždu (24 pav.). Žvirgždingame smėlyje pastebėtos akmenukų ir smiltelių kiekio frakcijose kaitos tendencijos išlieka tos pačios, t.y. žvirgždo frakcijų yra dar mažiau, o vidutinio rupumo smėlio dalelių koncentracija dar padidėja. Likusios smėlio atmainos jau nebeturi žvirgždo priemaišos, arba ji yra labai menka (24 pav.). Čia pagal vyraujančios frakcijos rupumą išskirtos 3 smėlio atmainos: nuo įvairagrūdžio smėlio, vyraujant vidutiniam, iki smulkaus ar itin smulkaus. Tikrai smulkaus ir itin smulkaus smėlio atmainos, dažniausiai, yra užterštos molingomis-aleuritingomis dalelėmis daugiau nei 5 %.



**24 pav.** Selmoniškų žvyro telkinio 2004 metų žvalgybos plote fluvioglacialinių nuogulų atmainų vidurkinės granulimetrinės sudėties pasiskirstymo kreivės

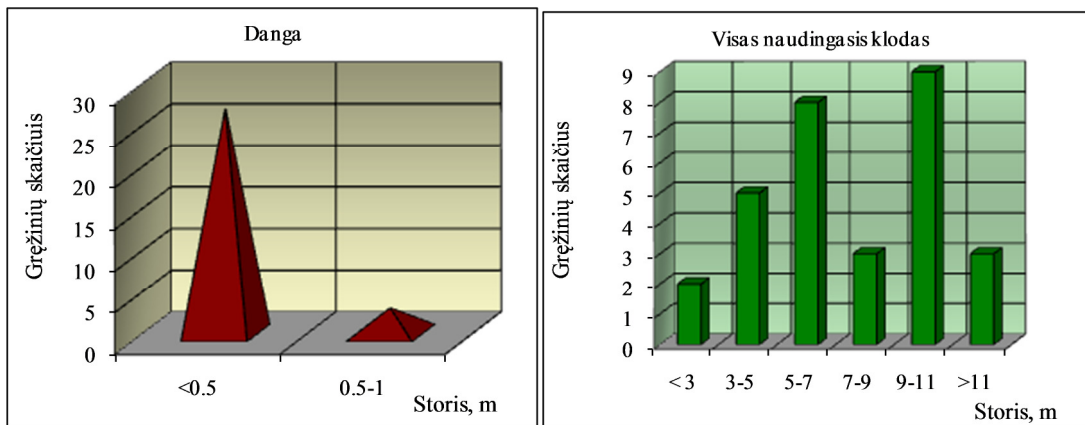
Vertinant naudingosios iškasenos kokybės rodiklius pagal automobilių kelių gruntų klasifikaciją Selmoniškų žvyro telkinio 2004 metų žvalgybos plote buvo išskirtos 6 gruntų, tinkančių automobilių kelių tiesimui, grupės (25 pav.).



**Gruntų indeksai:**

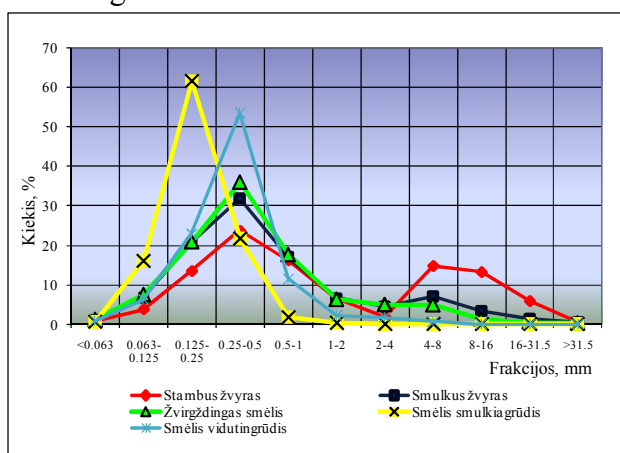
SB - blogos sanklodos smėlis,  
 SG - geros sanklodos smėlis,  
 SP - periodinės sanklodos smėlis,  
 SD - įvairiagrūdis smėlis, kuriame mažai smulkiųjų dalelių,  
 ŽP - periodinės sanklodos žvyras,  
 ŽD - žvyras, kuriame mažai smulkiųjų dalelių,

**24 pav.** Selmoniškų žvyro telkinio naujo ploto naudingojo klodo gruntų tipų santykio diagrama



**25 pav.** Selmoniškų žvyro telkinio dangos ir naudingojo klodo storių kaitos histogramos

Sandrupio smėlio telkinyje detalios granulometrinės analizės rezultate buvo išskirtos 2 žvyro ir 3 smėlio atmainos. Didžiausia dalis visame telkinyje tenka smulkiagrūdžiam smėliui.



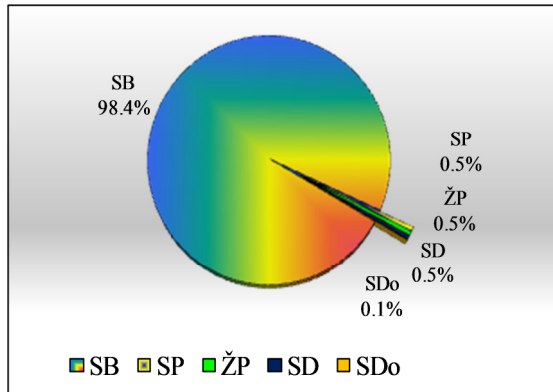
**26 pav.** Rūsteikių žvyro telkinio fluvio-glacialinių nuogulų vidurkinės granulometrinės sudėties pasiskirstymo kreivės

Stambaus žvyro sluoksniuose rupioje dalyje vyrauja smulkaus žvirgždo frakcija, smėlingoje tokių sluoksnių dalyje vyrauja vidutinis smėlis. Smulkaus žvyro sluoksniuose dėsningumas išlieka toks pats. Žvirgždingo smėlio sluoksniuose dėsningumas išlieka, tik jame pastebimas didesnis vidutinio smėlio dalelių skaičius. Ta pati tendencija pastebima ir vidutینگrūdžio smėlio sluoksniuose, tik ji



praktiškai neturi stambių frakcijų. Smulkiagrūdžio smėlio sluoksniuose labai ryškiai išsiskiria smulkaus smėlio dalelės, sudarydamos virš 60 % bendro kiekio.

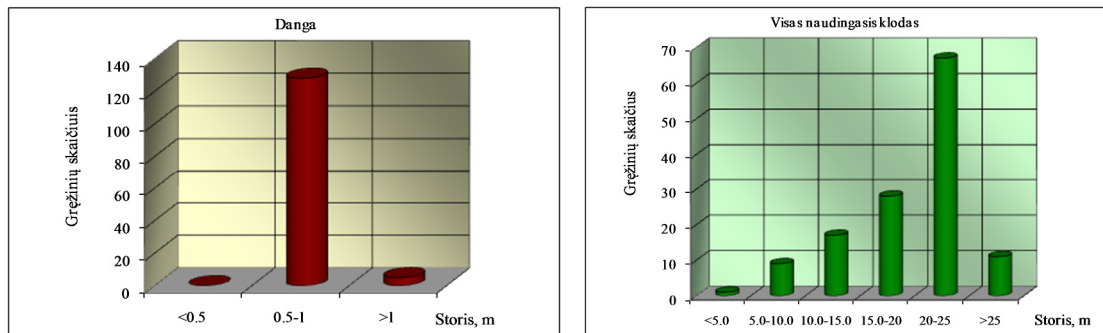
Vertinant naudingosios iškasenos kokybės rodiklius pagal automobilių kelių gruntų klasifikaciją, Sandrupio smėlio telkinyje buvo išskirtos 5 gruntų, tinkančių automobilių kelių tiesimui, grupės. Didžiausia dalis tenka blogos sanklodos smėliui (viršija 98 %) (27 pav.).



#### Gruntų indeksai:

ŽP - periodinės (įvairios) sanklodos žvyras;  
 SP - periodinės (įvairios) sanklodos smėlis;  
 SB - blogos sanklodos smėlis; SD - smėlis, kuriame nedaug smulkiųjų dalelių; Sdo - įvairiagrūdis smėlis, kuriame daug smulkiųjų dalelių.

27 pav. Sandrupio smėlio telkinio naudingojo kledo gruntų tipų santykio diagrama



28 pav. Sandrupio smėlio telkinio dangos ir naudingojo kledo storių kaitos histogramos

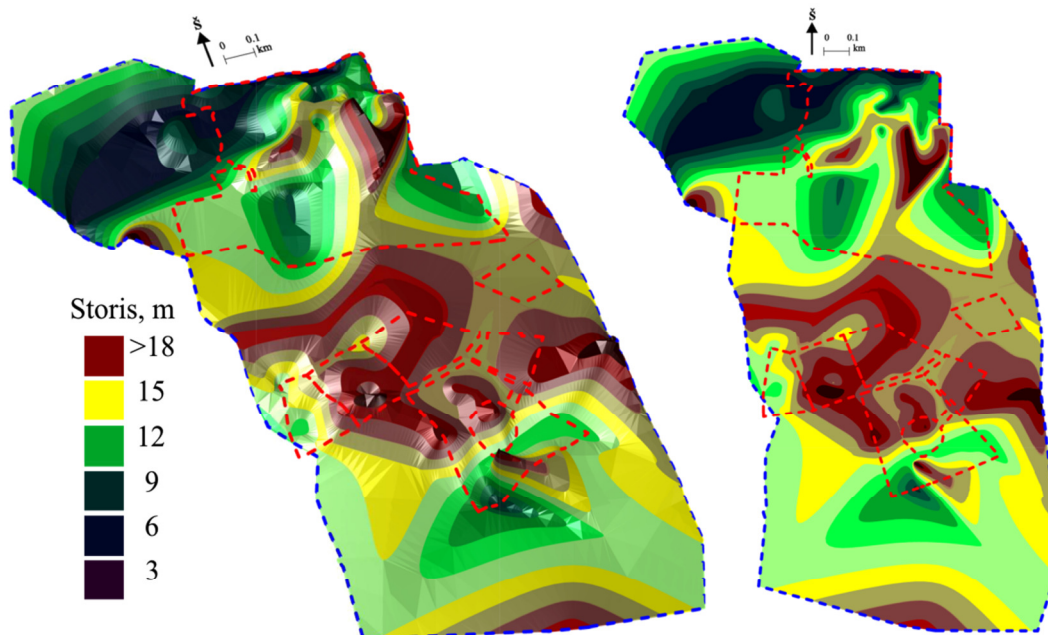
---

## 1.2. TELKINIO SANDAROS IR KOKYBĖS RODIKLIŲ AUTOMATIZUOTA ERDVINĖ ANALIZĖ

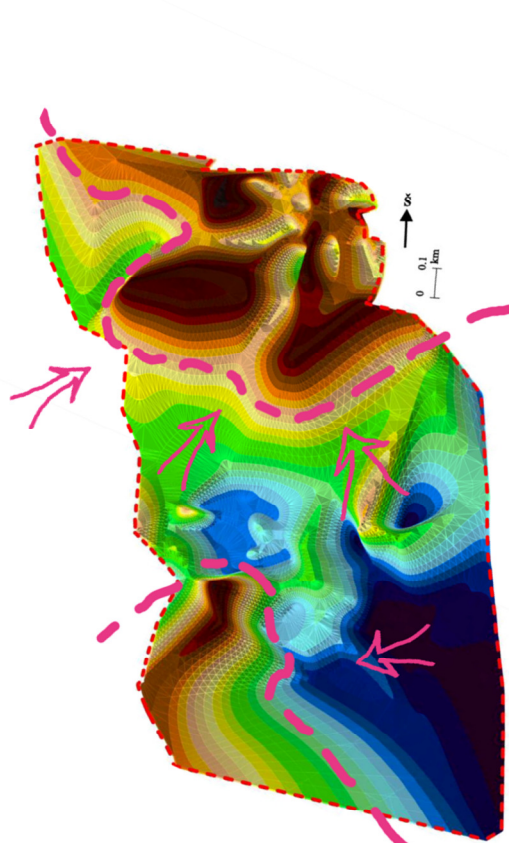
Erdvinės analizės svarbiausias uždavinys – tyrimų ir kiekybinių apmatavimų pagrindu nustatyti naudingųjų iškasenų klodų ir juos talpinančių uolienu formą ir slūgsojimo sąlygas.

Įvertinus analitinius naudingosios iškasenos kokybės rodiklius ir perkėlus juos į planus, galima automatizuotai sudaryti įvairius paviršius, reikalingus telkinio sandarai ir formavimosi sąlygoms analizuoti: naudingojo klodo storių, įvairių frakcijų kiekio, molingumo pasiskirstymo telkinyje schemas ir kt.. Kaip pavyzdys šiame darbe pateikiamas Bogušiškių žvyro viso analizuojamo ploto fluvio-glacialinių nuogulų storių planas ir jų trimatė išraiška, taip pat Rūsteikių žvyro viso analizuojamo ploto fluvio-glacialinių nuogulų storių planas, jų trimatė išraiška bei žvirgždo ir gargždo (frakcijos > 4 mm) pasiskirstymo fluvio-glacialinių nuogulų storių trimatis vaizdas.

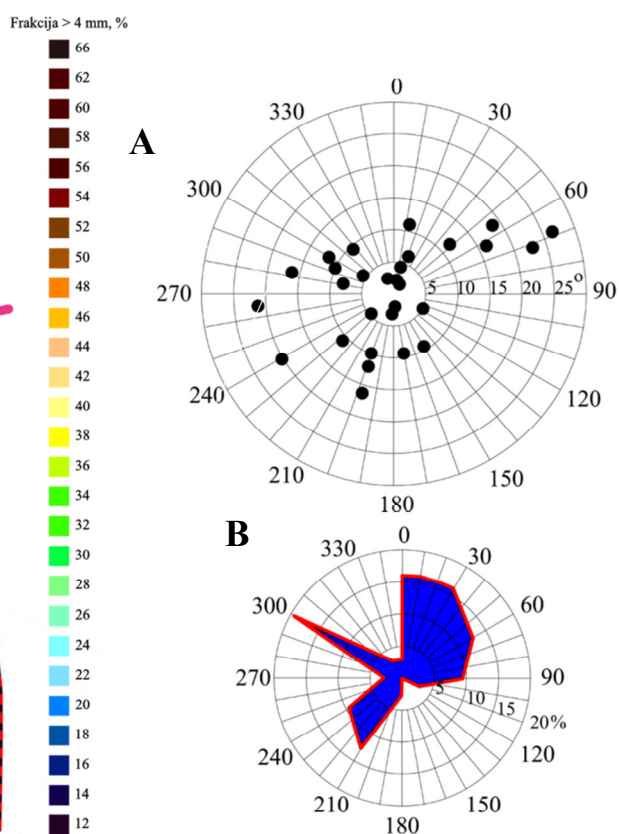
Analizuojant Bogušiškių keimo nuogulų storių planą (29 pav.), matosi, kad didžiausi keimo nuogulų storai buvo aptikti pietinėje, centrinėje ir šiaurinėje tiriamo ploto dalyse. Žinant, kad keimuose didžiausi storai yra keimo branduolyje, galima padaryti išvadą kad tiriamą plotą sudaro trys keimai. Keimines nuogulas formavusių srautų hidrodinaminiam aktyvumui ir medžiagos prinešimo kryptiai nustatyti buvo sudarytos sluoksnių polinkio kampų ir azimutų skritulinė (A) bei rožių (B) diagramos (31 pav.). Matavimus atliko A. Čanov (Čanov A., 2005). Didžiausias užfiksuotas įstrižų sluoksnelių polinkio kampas yra apie 30 laipsnių, dauguma apmatuotų sluoksnių palinkę 0 – 10 laipsniu kampais. Tai įrodo, kad srautų intensyvumas nebuvo stiprus ir tokios diagramos būdingos keimams (Юргайтис А., Микалаускас А., Юозапавичюс Г., 1982). Įstrižų sluoksnelių polinkio kampų skritulinė diagrama yra labai išsklaidyta (31 pav. A). Tai rodo, kad medžiagos prinešimo kryptis nebuvo pastovi. Kiek dažniau įstrižų sluoksnelių polinkio kampai koncentruojasi tarp 270-300 laipsnių (19,8 %) ir 0-30 laipsnių (16,5 %). Tuo remiantis, galima teigti, kad fluvio-glacialiniai srautai nežymiai daugiau maitino baseiną iš šiaurės rytų, pietvakarių krantų. Pastaroji kryptis yra ryškesnė. Tačiau didelė įstrižų sluoksnelių polinkio kampų orientacijos sklaida liudija, kad ledo krantai iš visų pusių tiekė nuolaužinę medžiagą į keiminį baseiną.



29 pav. Fliuvioglacialinių nuogulų storių Bogušiškių plote 2D ir 3D modeliai

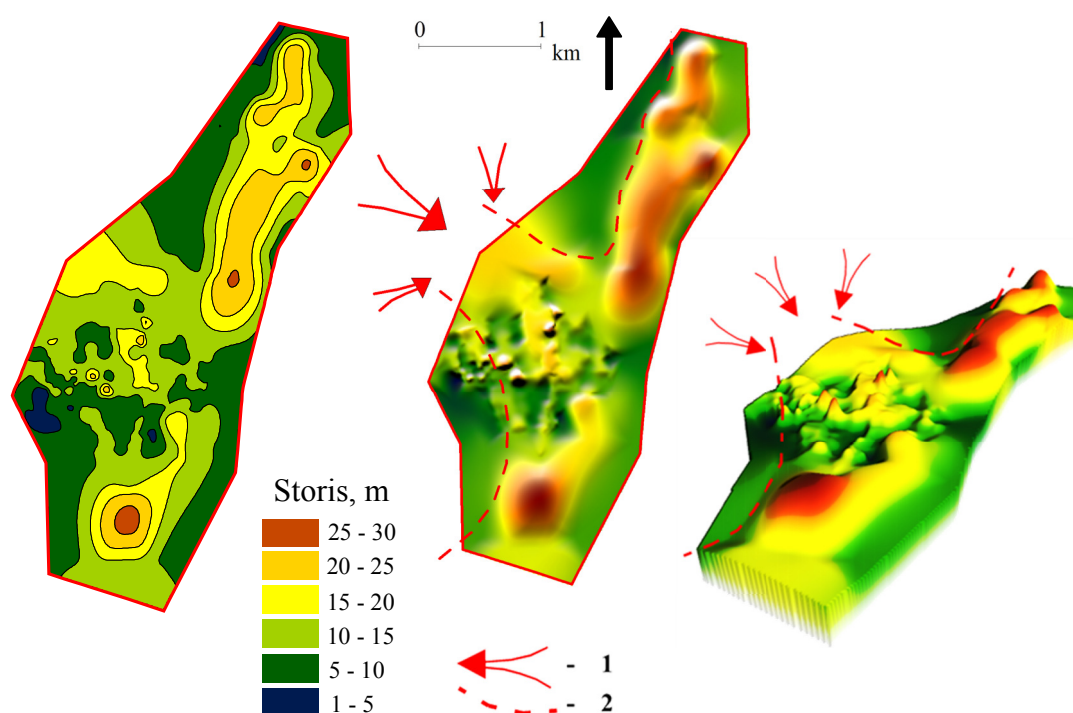


30 pav. Žvirgždo ir gargždo pasiskirstymas Bogušiškių plote fliuvioglacialinių nuogulų storumėje



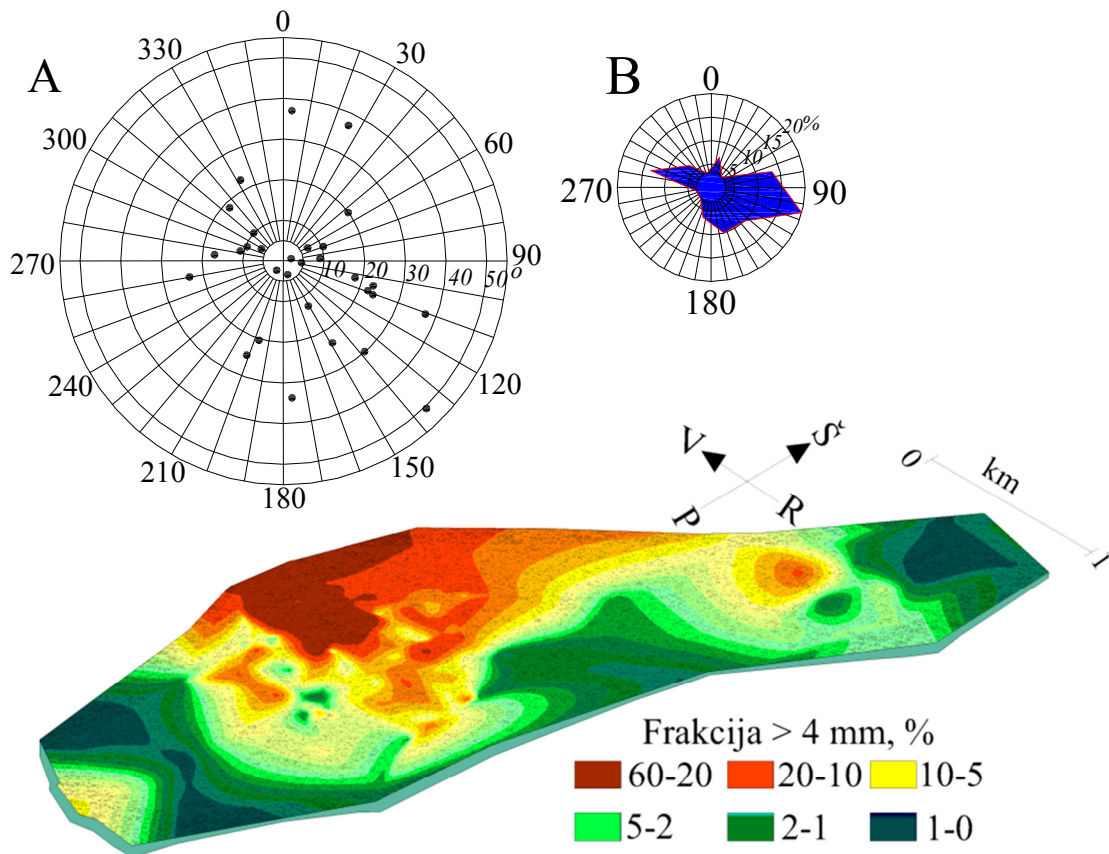
31 pav. Bogušiškių ploto nuogulų įstrižų sluoksnelių polinkio kampų (A) skritulinė bei krypties (B) rožių diagramos

Fliuvioglacialinių nuogulų storis Rūsteikių plote keičiasi nuo 1 iki 30 m. Didžiausi jų storiai aptikti ledyno liežuvių pakraščių zonose (32 pav.). Žvirgždo ir gargždo (frakcijos > 4 mm) pasiskirstymas fliuvioglacialinių nuogulų storumėje leidžia detaliau analizuoti fliuvioglacialinių srautų medžiagos pernešimo kryptį (33 pav.). Jis patvirtina išskirto išnašų kūgio formavimosi kryptį. Kuo rupesnė medžiaga, tuo srovė yra stipresnė ir didesnis nuogulų storis. Šiems teiginiams patvirtinti papildomai buvo sudarytos sluoksnių polinkio kampų ir azimutų skritulinės bei rožių diagramos (33 pav.). Matavimus atliko L.Vainilaitis (Vainilaitis L., 2009) Matome, kad didžiausias polinkio kampas yra virš 50 laipsnių, tačiau dauguma apmatuotų sluoksnių palinkę 0 – 25 laipsniu kampais (33 pav., A). Tai įrodo, kad srautų intensyvumas buvo kaitus ir ne visada stiprus. Įstrižų sluoksnelių polinkio kampų rožė-diagrama yra labai išsklaidyta (33 pav., B). Tai rodo, kad medžiagos prinešimo kryptis nebuvo pastovi (Юргайтис А., Микалаускас А., Юозапавичюс Г., 1982). Pagrindinė medžiagos pernešimo kryptis buvo iš šiaurės vakarų, ir tai patvirtina pagrindinę išnašų kūgio formavimosi kryptį ir ledyno liežuvių pakraščių vietas (32, 33 pav.).



1 – pagrindinė išnašų kūgio formavimosi kryptis, 2 – tikėtinos ledyno liežuvių pakraščių vietos.

**32 pav.** Fliuvioglacialinių nuogulų storių Rūsteikių plote 2D ir 3D modeliai



**33 pav.** Žvirgždo ir gargždo (frakcijos > 4 mm) pasiskirstymas Rūsteikių ploto fluvio-glacialinių nuogulų storumėje ir nuogulų įstrižų sluoksnių polinkio kampų (A) skritulinė bei krypties (B) rožių diagramos

### 1.3. GEOLOGINIŲ KŪNŲ DINAMINIŲ IŠTEKLIŲ MODELIŲ SUDARYMAS IR JŲ TŪRIŲ APSKAIČIAVIMAS

#### 1.3.1. Geologinių kūnų 3D modelių sudarymas

Išanalizavus visų atrinktų telkinių ir prognozinių plotų archyvinę medžiagą, naudingosios iškasenos kokybinius rodiklius, buvo pereita prie geologinių kūnų 3D modelių sudarymo ir naudingosios iškasenos tūrių apskaičiavimo. Tam buvo panaudotas šio disertacinio darbo metu specialiai kuriamas 3D telkinių modeliavimo modulis prie Geomap 2010 programinės įrangos (34 pav.). Galimybė įgyvendinti idėjas atsirado dėka UAB „GJ Magma“ ir Europos Sąjungos paramos. UAB „GJ Magma“ buvo pradėtas vykdyti projektas „Verslo valdymo sistemos diegimas“, kuriuo finansavimui buvo gauta Europos Sąjungos struktūrinė parama. Dalis jos buvo panaudota programinės įrangos paketo, leidžiančio optimizuoti naudingųjų iškasenų telkinių modelių sudarymą ir automatizuoti karjerų projektavimą, finansavimui.



**34 pav.** Ištrauka iš kuriamo 3D telkinių modeliavimo modulio prie Geomap 2010 programinės įrangos aprašomosios dalies

Pagrindiniai naudingųjų iškasenų telkinių ir prognozinių plotų 3D modelių elementai yra:

1. geologinių paviršių modeliai;
2. geologinių kūnų modeliai.

Geologiniai paviršiai skaido naudingųjų iškasenų telkinių ir prognozinių plotų erdves į atskiras tūrines figūras – geologinius kūnus, kurie pilnai užpildo visą gelmių tūrį.

Tyrimui pasirinktiems telkiniams ir prognoziniams plotams buvo kuriami juos sudarančių litologinių atmainų paviršių kraigai ir padai. Storiai, esantys tarp kiekvienos išskirtos litologinės atmainos kraigo ir pado, sudaro atitinkamos atmainos geologinį kūną. Sujungus juos visus į vieną visumą gauname pilnus telkinių ir prognozinių plotų 3D modelius.

Paviršių atvaizdavimas 3-ų dimensijų erdvėje vadinamas karkasinių paviršių modeliavimu. Paviršius gali būti realus objektas, pvz.: kurio nors stratigrafinio horizonto asla, arba sąlyginis, nematomas - projektuojamo telkinio padas pagal detalios žvalgybos duomenų aprobacijos duomenis. Galima išskirti tokias karkasinių paviršių modeliavimo rūšis (Авдонин В.В и др., 2007):

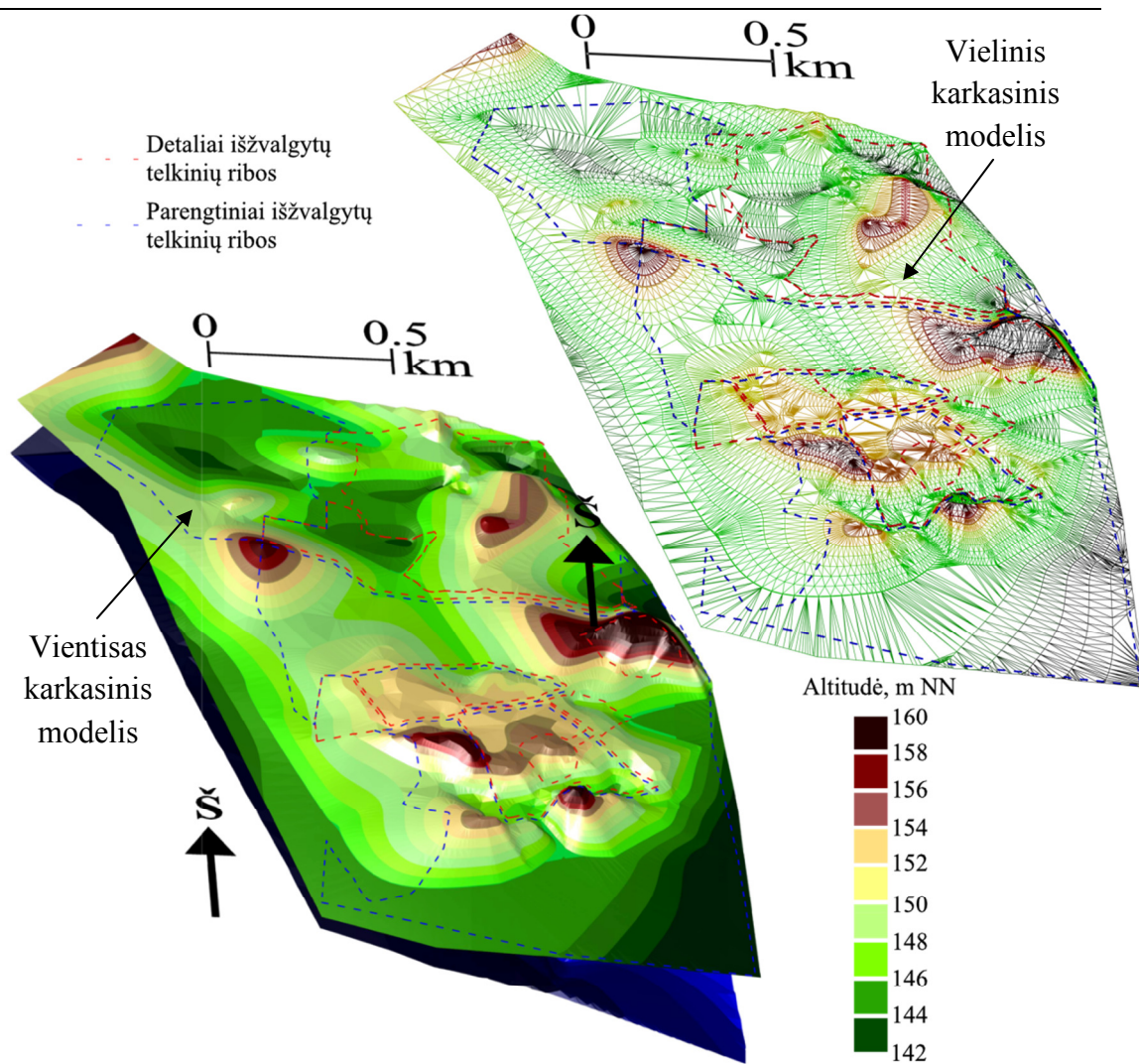
1. Vielinis karkasas (wireframe) – vielinis karkasinis modelis (visos karkaso briaunos matomos);
2. Vientisas karkasas (solid) – vientisas karkasinis modelis (karkasas uždrapiruotas, padengtas apvalkalu, matomos tik tos paviršiaus ribos ir briaunos, kurios nėra uždengtos nuo mūsų kitomis ribomis ir briaunomis);
3. Pilnas karkasas – pilnas karkasinis modelis (telkinio geologinių kūnų sujungimas į vieną visumą).



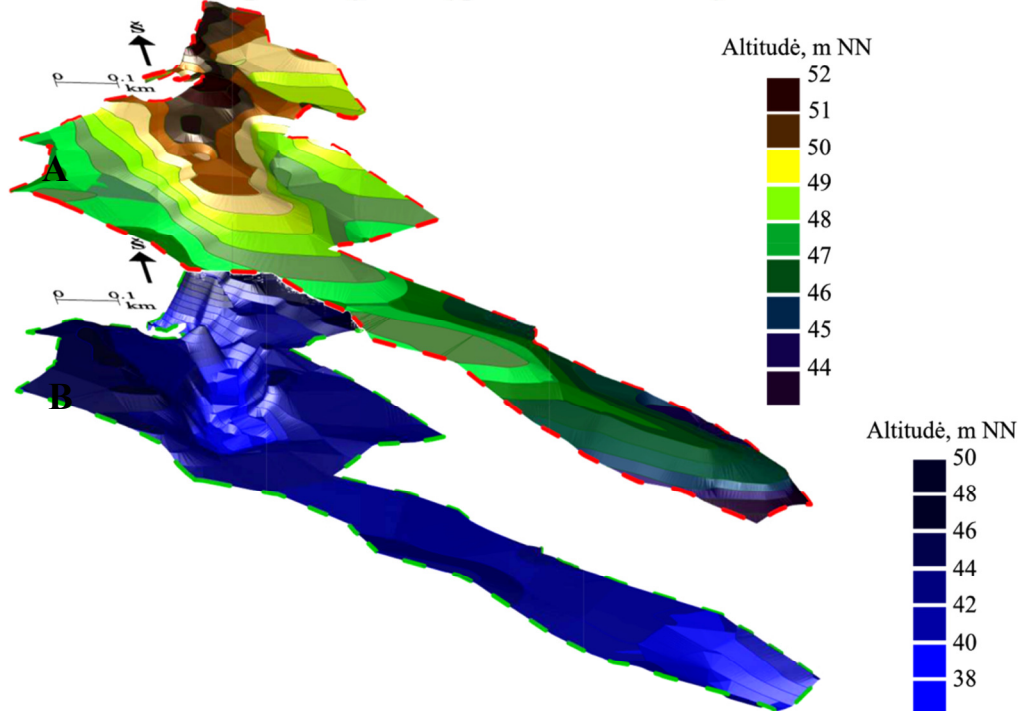
---

Paviršių karkasiniai modeliai kuriami atliekant trianguliaciją. Tam naudojamas B. Delone (Авдонин В.В. и др., 2007) algoritmas integruotas į Geomap 3D 2010 programinę įrangą (*Delaunay triangulation*). Kai yra sukurtas vielinis paviršiaus karkasas, jo pagrindu galima sukurti paviršiaus izolinijas. Žemėlapių atvaizdavimą izolinijomis geologai naudojo dar prieš daug dešimtmečių, tik tada tai buvo rankinis darbas – kuriami trikampiai, jų viduje išbraižomos tiesios interpoliacinės linijos. Toks metodas vadinosi tiesine interpoliacija. Dabar jis vadinasi kitaip – skaitmeniniai paviršių modeliai (SPM), bet jo esmė yra ta pati (Kumetaitis A., 2004). Aukščio taškų srityse yra atliekama trianguliacija Delone. Briaunos, jungiančios taškus, sudaro karkasą, kuriuo kiekviena viršūnė turi savo aukštį. Kiekviename erdviame trikampyje kuriama plokštuma ir pravedamos izolinijos. Anglų kalboje ši procedūra vadinama DTM (Digital Terrain Model). Tokių žemėlapių trūkumas yra izolinijų kampuotumas. Modeliavimui naudojamoje Geomap 2010 programinėje įrangoje yra galimybė suglotninti izolinijas. Tam naudojamas „gridingas“ (iš anglų kalbos „griding“, „grid“ – tinklelis). „Grindingas“ – tai procedūra, kuriuos metu pereinama nuo netolygaus pradinių duomenų taškų išsidėstymo prie tolygaus, teisingo tinklo (grid) mazguose. „Grid“ (tinklelis) – tai gridingo rezultatas – duomenų interpoliavimo teisingo tinklelio mazguose. „Gridu“ taip pat vadinama matrica į kurią yra surašomi interpoliacijos rezultatai. Yra išskiriama apie 15 interpoliacijos metodu: artimiausio kaimyno, realaus kaimyno, atvirkštinio atstumo laipsnyje, mažiausio kreivumo, trianguliacija su tiesine interpoliacija, kringingas ir kt. Geomap 2010 programinėje įrangoje yra įdiegtas trianguliacijos su tiesine interpoliacija metodas.

34 pav. parodytas tirta Bogušiškių ploto skaitmenis reljefo modelis sukūrus vielinį ir vientisą karkasinius modelius, panaudojus suglotninimo galimybę. Tyrimo plote vyrauja smulkiai kalvotai-daubotas reljefas, kuriame santykinis aukščių skirtumas sudaro 7-14 m. Kalvotumo pobūdis labai įvairus – aptinkamos aukštesnės kalvos su statesniais šlaitais ir žemesnės kalvos nuolaidžiais šlaitais. Kalvų orientacija gana įvairi, daugiau kalvų ištįsę šiaurės vakarų-pietryčių kryptimi. 35 pav. parodyti tirta Selmoniškių ploto skaitmeniniai reljefo ir tirtų nuogulų pado modeliai, atvaizdavus paviršius kaip vientisus karkasinius modelius ir sukūrus paviršių izolinijas.



34 pav. Bogušiškių ploto skaitmenis reljefo modelis



35 pav. Selmoniškų ploto skaitmeniniai reljefo ir tirtų nuogulų pado modeliai

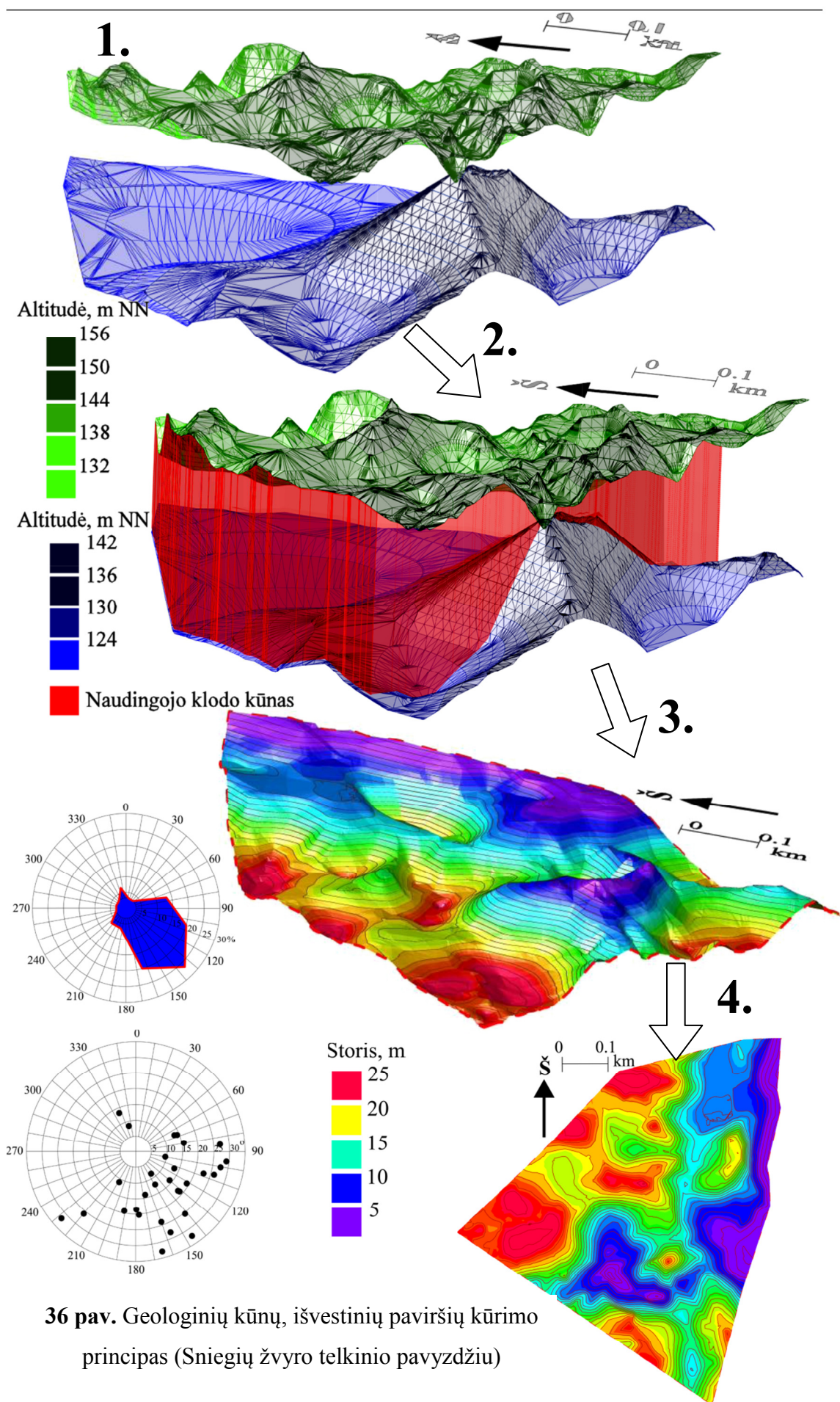


---

Tokiu pat principu buvo sudaryti visų tirtų telkinių reljefo ir išskirtų litologinių atmainų paviršių kraigų ir padų modeliai, kurie buvo panaudoti telkinių ir prognozinių plotų geologinių kūnų modeliams sudaryti. Geologinių kūnų kūrimo principas pateiktas 36 pav. Sniegių žvyro telkinio (detaliai išžvalgyto 2007 metais) pavyzdžiu. Pirmiausia, kaip ir buvo aprašyta aukščiau, kuriamas konkretaus kūno kraigo paviršius. Šiame pavyzdyje buvo sudaromas viso Sniegių žvyro telkinio naudingo klodo kūno modelis, todėl pirmiausia buvo sukurti jo kraigo ir pado paviršių modeliai (36 pav. 1). Tada kraigo ir pado paviršių modeliai buvo jungiami kartu, tokiu būdu gaunant uždara, tūrinį geologinį kūną (36 pav. 2). Sukūrus visų litologinių atmainų paviršių padus šiuo principu kuriami uždari tūriniai kūnai tarp kiekvieno iš jų. Galiausiai jie yra jungiami į vieną visumą – gaunamas visas naudingųjų iškasenų telkinio / prognozinio ploto 3D modelis.

Paviršių kraigai ir padai kuriami automatiškai, jų jungimas tarpusavyje taip pat automatizuotas, tereikia pasirinkti norimus sujungti tarpusavyje paviršius. Visa tai skaičiuojama ir modeliuojama trimatėje erdvėje. Tai sudaro galimybę matyti trimačius perspektyvinius telkinių ir prognozinių plotų vaizdus iš bet kokio pasirinkto taško, pasukti su įvairiais polinkiais, perpjauti bet kuria kryptimi. Taip pat yra galimybė išskaidyti sukurtą 3D geologinį modelį, išstumiant jį sudarančius atskirus geologinius sluoksnius. Toks išskaidytas geologinis modelis akivaizdžiai atspindi pagrindines modeliuojamo ploto geologinės sandaros ypatybes. Galima gerai pamatyti, kurioje dalyje kokios nuogulos yra paplitusios. Pvz. Bogušiškių II žvyro telkinio dalyje išskaidytame 3D geologiniame modelyje labai gerai matosi, kad smulkaus žvyro storis šiaurės rytinėje dalyje yra žymiai mažesnis, negu kitoje tirtoje dalyje, o pačiame pakraštyje jo iš viso nėra (37 pav.). Taip pat matome, kad smėlio sluoksniai paplitę tik lokaliai.

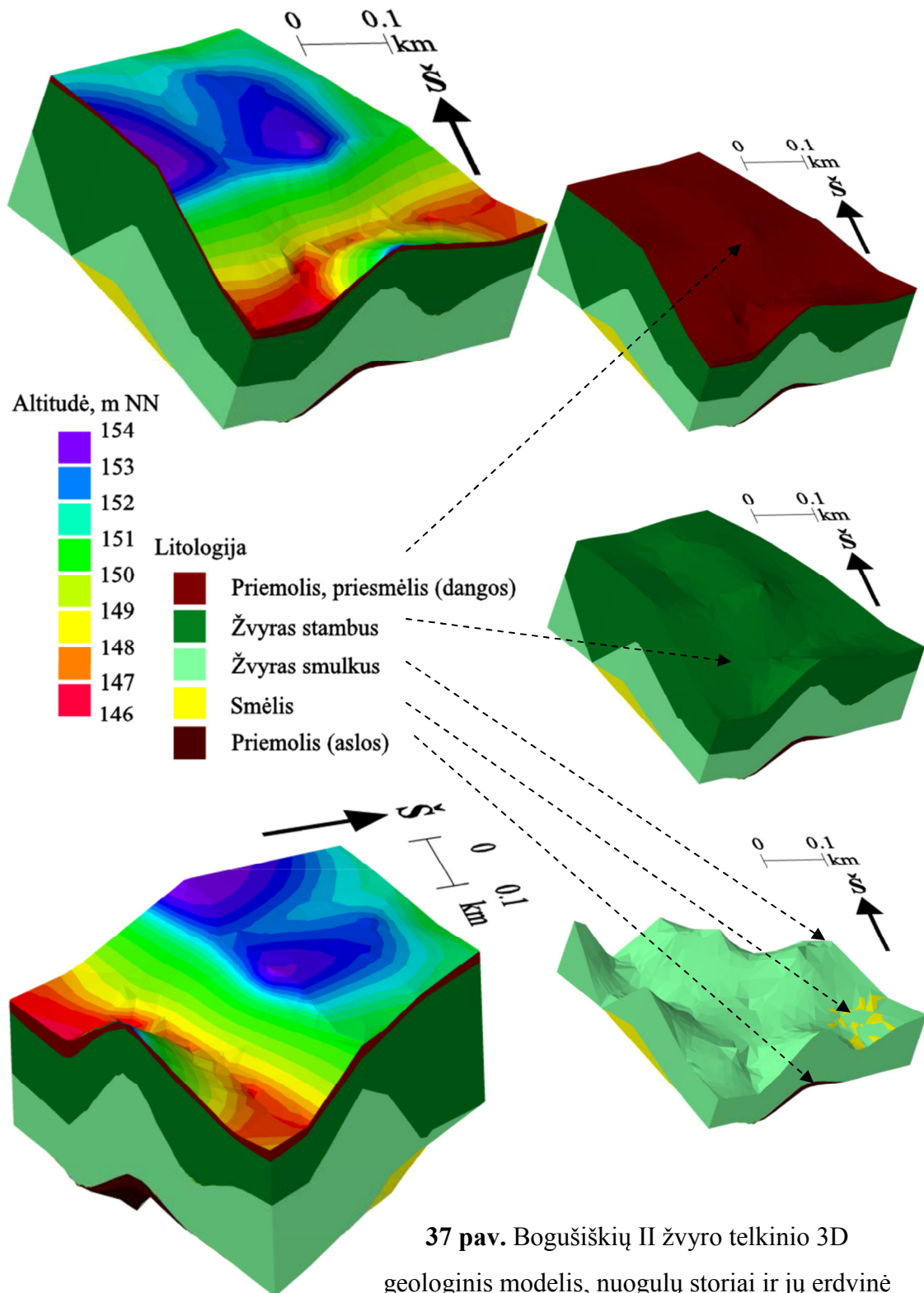
Sukurtas 3D geologinis modelis taip pat pritaikomas išvestinių paviršių kūrimui – sukurtų geologinių sluoksnių automatizuotam storių paviršių sudarymui, tiek dvidimensinių, tiek tridimensinių. Ši galimybė parodyta Sniegių žvyro telkinio pavyzdžiu – 36 pav. 3. Čia pavaizduotas viso naudingojo klodo storis dvimatėje ir trimatėje erdvėje, gautas kaip išvestinis modelis pagal prieš tai sukurtą bendrą šio ploto naudingosios iškasenos geologinį modelį tarp jo kraigo ir pado paviršių. Taip pat jis naudojamas geologinei sandarai, telkinių / prognozinių plotų formavimosi sąlygoms analizuoti, o galiausiai projektinių sprendinių priėmimui.



**36 pav.** Geologinių kūnų, išvestinių paviršių kūrimo principas (Sniegių žvyro telkinio pavyzdžiu)

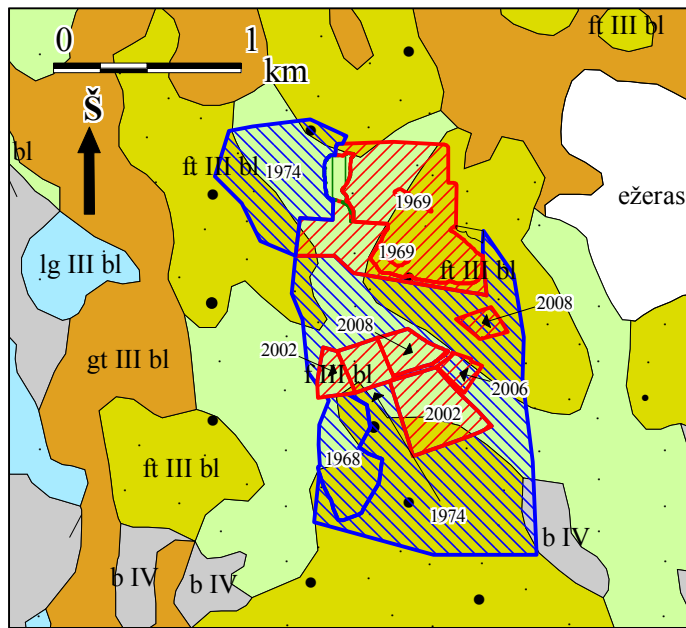
Žemiau yra pateikiami tirtų plotų 3D geologiniai modeliai. Dalis iš jų yra sudaryti tik detalios žvalgybos teritorijų platuose pagal atskirus žvalgybos metus.

37 pav. yra pateiktas Bogušiškių II žvyro telkinio 3D geologinis modelis.



37 pav. Bogušiškių II žvyro telkinio 3D geologinis modelis, nuogulų storiai ir jų erdvinė padėtis pagal litologines atmainas





**38 pav.** Išbraiža iš Lietuvos kvartero geologinio žemėlapiu (pagal R. Guobytę, 1998)



**39 pav.** Bogušiškių II karjero abliacinė morena (telkinio danga)

Bogušiškų II žvyro tiriamas plotas priklauso fliuvioglaciaciniai genetinei grupei (38 pav.), keiminiam genetiniam potipiui. Priskyrimas šiam genetiniam potipiui įrodytas ankstesnių tyrimų metų (Юргайтис А.А., Микалаускас А.П., Юозапавичюс Г.А., 1982, Čanov А., 2005)

Bogušiškų II keimo dangą sudaro dirvožemis, ir po jo slūgsanti abliacinė morena (39 pav.). Tyrimo plote labiausiai paplitę stambaus ir smulkaus žvyro sluoksniai. Smėlio sluoksniai turi mažesnę paplitimą. Tirtu ploto apačioje yra aptinkami priemolio sluoksniai, bet jų paplitimas nėra dažnas.

Fliuvioglaciacinių nuogulų kaupimosi sąlygos ir būdai nustatomi tiriant vieną iš svarbiausių požymių – sluoksniuotumą. Bogušiškių karjere dažniausiai pasitaikantis sluoksniuotumas yra: horizontalus; deltinis-įkypas ar palinkęs. Kai kuriose vietose sluoksniuotos storumės sudarkytos sprūdžiais (41 pav.). Banguota sedimentacijos fazė dažniausiai susidaro esant nedideliame vandens srauto greičiui. Nuosėdinė medžiaga pernešama pakibusiam būvyje. Tai dažniausiai aleuritinės ir smulkaus smėlio dalelės. Pjūviuose šita sedimentacijos fazė dažniausiai išreikšta horizontaliu, banguotu ir žvyniniu sluoksniuotumu (Юргайтис А.А., Микалаускас А.П.,

---

Юозапавичюс Г.А., 1982). Remiantis minėtais apibrėžimais galima teigti, kad Bogušiškių karjere esantys smėlio sluoksniai, turintys horizontalų sluoksniuotumą buvo klostomi, būtent šios, banguotos sedimentacinės fazės metu.



Kopinės sedimentacinės fazės metu susidaro įstrižas sluoksniuotumas. Didėjant srauto greičiui dugne vietoje glotnaus arba banguoto paviršiaus, atsiranda kopiniai kauburiai, o neretai ir žvyro gūbriai turintys nesimetrinę formą: šlaitas susidaręs prieš srautą – nuolaidus, palei srautą – status (Юргайтис А.А., Микалаускас А.П., Юозапавичюс Г.А., 1982 m.). Taigi galima teigti, kad Bogušiškių karjere esantys žvyro sluoksniai, turintys įstrižą ar palinkusį sluoksniuotumą buvo suformuoti

**40 pav.** Fliuvioglacialinių nuogulų sluoksniuotumas  
Bogušiškių II žvyro karjere

Įkupas deltinis sluoksniuotumas susidaro subakvalinėje medžiagos prinešimo aplinkoje. Įkypai deltinio sluoksniuotumo sluoksniai išsiskiria savo vienalytiškumu bei išlaikyta kryptimi išilgai visos sluoksnio storumės. Tai tipiški fliuvioglacialiniai, subakvalinėje aplinkoje susidarę, sluoksniai, tiriamo ploto karjero sienelėse atrodantys kaip neturintys lęšių, įkypai horizontai, padengti iš viršaus horizontaliais smėlio arba žvyro tarp sluoksniais.

Ankstesniuose tyrimuose atliktuose Bogušiškių keimų plote (Юргайтис А.А., Микалаускас А.П., Юозапавичюс Г.А., 1982 m.; Čanov А., 2005 m.) buvo įrodyta, kad Bogušiškių keimų zonos sluoksniuotumo susidarymui įtakos turėjo nepastovus



---

hidrodinaminis režimas. Medžiagos sedimentacinis baseinas tikriausiai buvo pratakus, o srautų intensyvumui įtakos turėjo sezoninės klimato ir temperatūros kaitos. Pagal sluoksniuotumą ir medžiagos rupumą buvo prieita išvados, kad tirti keimai yra mišrūs. Nepastovų hidrodinaminį režimą liudijo ir aukščiau pateiktos įstrižų sluoksnelių polinkio kampų (A) skritulinė bei krypties (B) rožių diagramos (31 pav.)

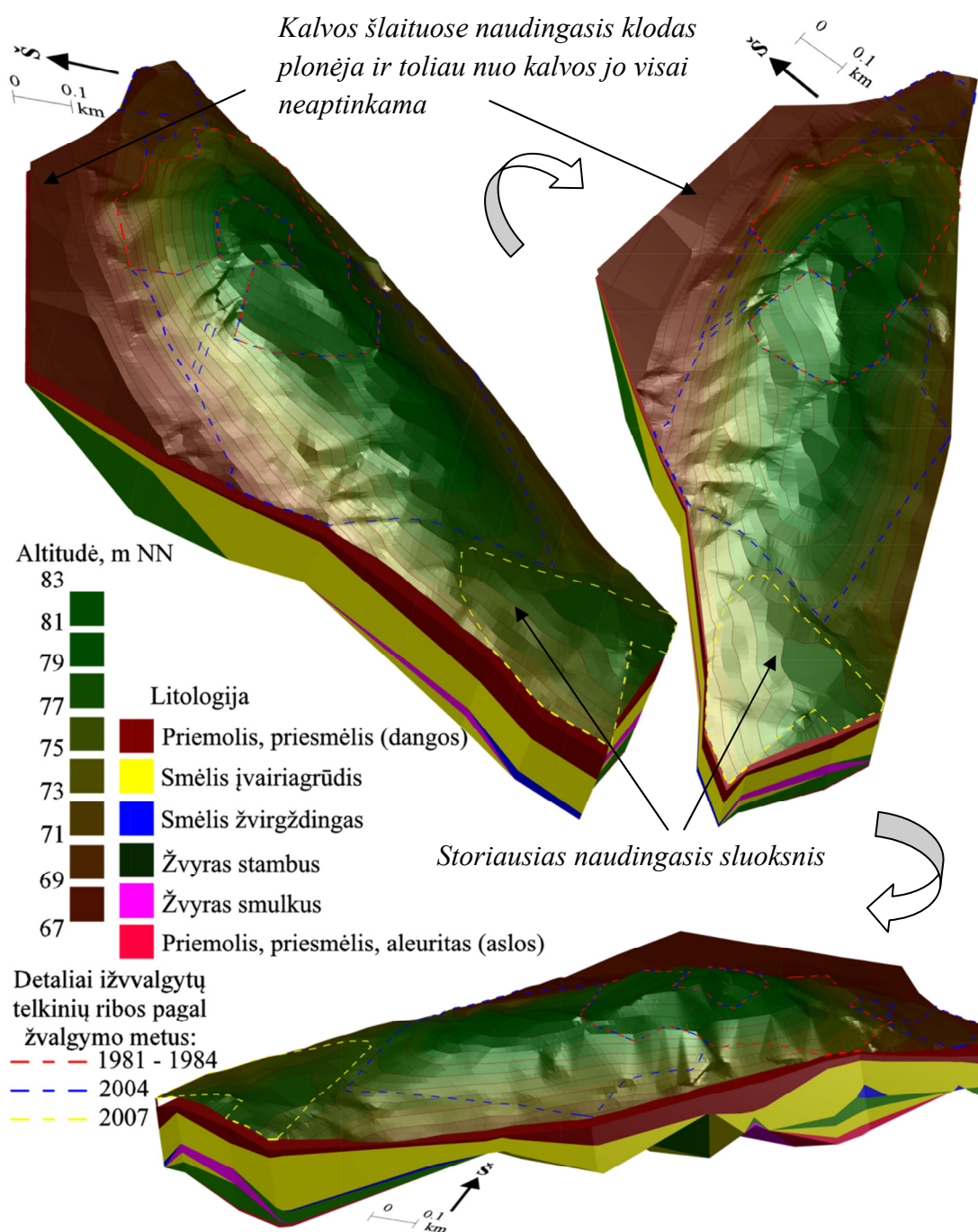
Galutinai ištirpus ledynui, buvusios ertmės ir išplovos, užpildytos nuolaužine medžiaga, sudarė apvalios arba netaisyklingos formos kalvas. Būtent tokį, kalvotai-daubotą reljefą, turime šioje keimų vietoje. Tokį vaizdą ir matome sukurtame skaitmeniniame tirtu ploto reljefo modelyje (34 pav.). Moreninė danga keiminėse kalvose susidarė nušliaužus nuo pakilusių ledyno krantų neperformuotai atneštai iš Skandinavijos medžiagai. Jos storis Bogušiškių II karjere buvo nedidelis – 0,5 m ir liudija apie tai, kad keimas pradėjo formuotis negyvo ledo paviršiuje.



Sprūdžiais sudarkytas sluoksniuotumas yra klasikinis įrodymas, kad sedimentacinio baseino dugnas bei krantai buvo ledyniniai. Sprūdžių susidarymui (41 pav.) įtakos turėjo sunkio jėgos poveikis atskiriems keiminių kalvų sparnams galutinai ištirpstant ledui. Kitaip tariant sprūdžių susidarymą lemia inversija, o tai irgi įrodymas to, kad keimas susiformavo negyvame ledyne.

**41 pav.** Disjunktyvinės dislokacijos  
Bogušiškių II žvyro karjere

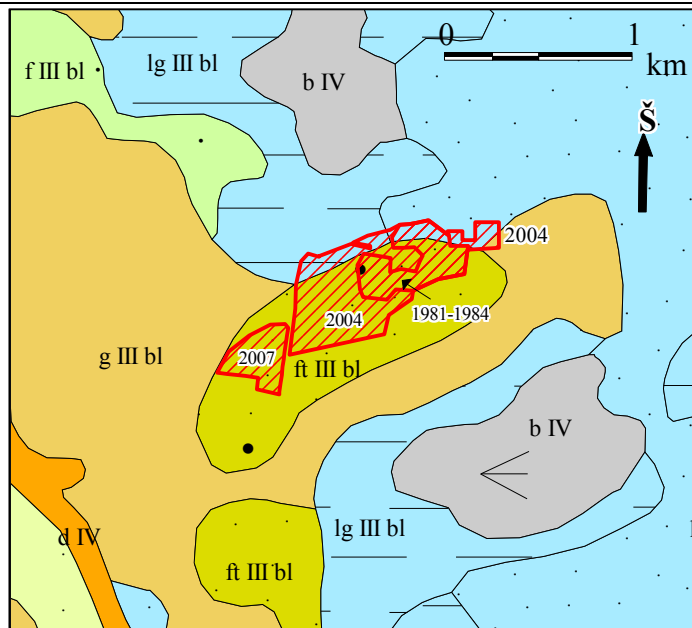
42 pav. yra pateiktas Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinio 3D geologinis modelis.



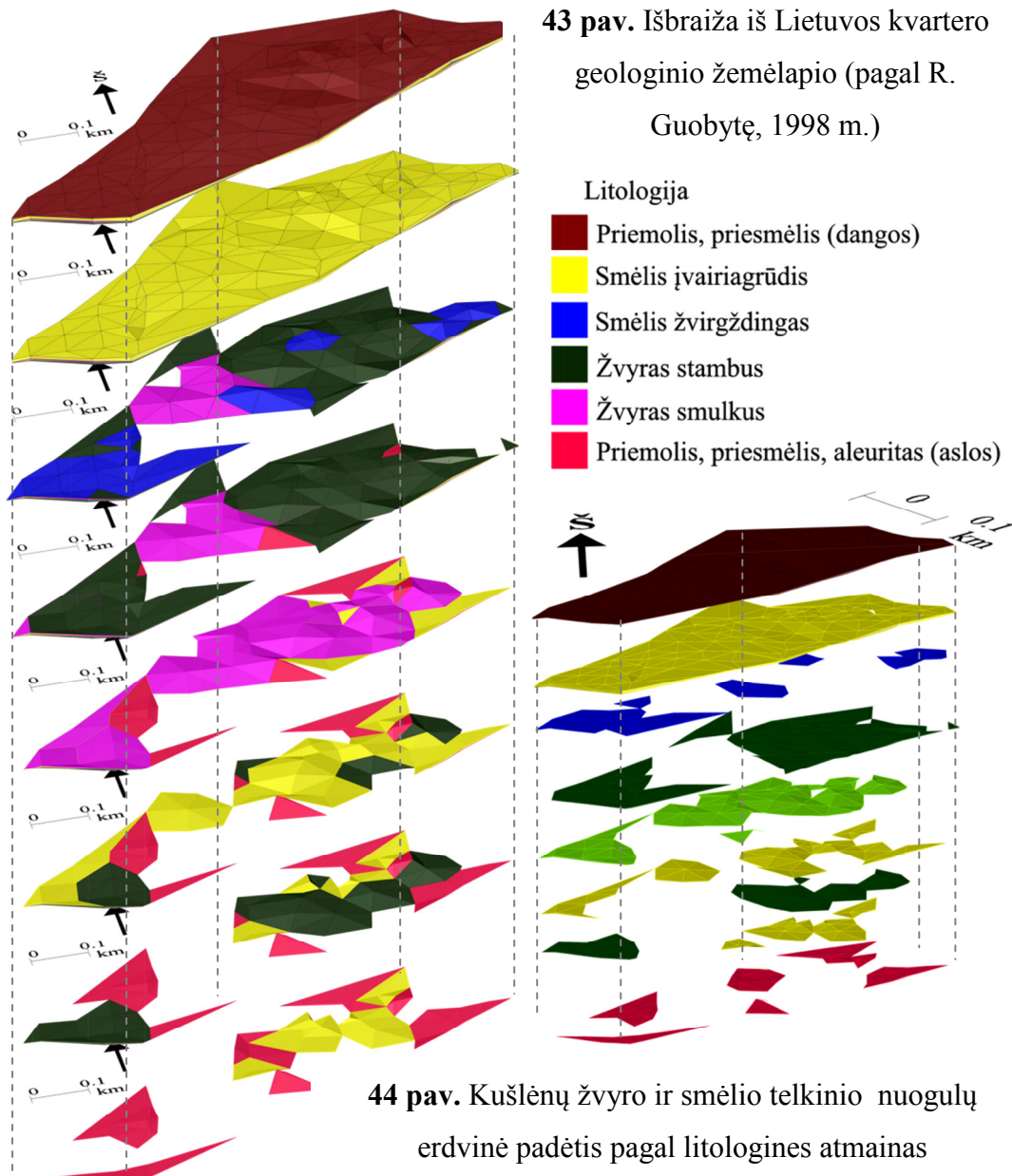
**42 pav.** Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinio 3D geologinis modelis

Didžiausią fluvio-glacialinių nuogulų dalį sudaro įvairiagrūdis smėlis (42, 44 pav.). Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinys susidarė paskutinio apledėjimo metu, kai Žemaitijos aukštumos šiaurinėje dalyje ledynas prarado aktyvumą, ir dideli jo plotai apmirė. Kušlėnų ozas yra trumpas ir padengtas morenine medžiaga, todėl jo susidarymas sietinas su ledyno tirpsmo vandenų tunelyje suklotomis nuogulomis. Ledynui ištirpus, skliaute buvusi medžiaga padengė visą fluvio-glacialinę storymę, o

buvusioje vagoje suplauti storiausi žvyro ir smėlio sluoksniai dėl jų inversijos suformavo gūbrio pavidalo kalvą. Kušlėnų telkinio susidarymo sąlygos nulėmė gana kaičią jo sudėtį skersai gūbrio ašies ir ilgesnius panašios sudėties sluoksnius pagal gūbrio tašą (44 pav.).



43 pav. Išbraiža iš Lietuvos kvartero geologinio žemėlapi (pagal R. Guobytę, 1998 m.)



44 pav. Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinio nuogulų erdvinė padėtis pagal litologines atmainas



Kušlėnų tirtu ploto dangą sudaro augalinis sluoksnis ir, dažniausiai, rudas žvirgždingas priemolis, retkarčiais priemolis. Jie sukurtame 3D geologiniame modelyje buvo sujungti į vieną sluoksnį. Bendras dangos storis pagal gręžinius kinta nuo 0 m iki 4,8 m, vidutiniškai sudaro 1,7 m. Naudingąjį sluoksnį sudaro stambus ir smulkus žvyras, taip pat įvairių atmainų smėlio sluoksniai, atskirai buvo vertinti žvirgždingo ir įvairiagrūdžio smėlio sluoksniai. Storiausias naudingasis sluoksnis yra pietvakarinėje tirtu ploto dalyje. Tuo tarpu kalvos šlaituose naudingasis klodas plonėja ir toliau nuo kalvos jo visai neaptinkama (42 pav.) Reiškia detalesnę žvalgybą tęsti šia kryptimi nėra prasmės.



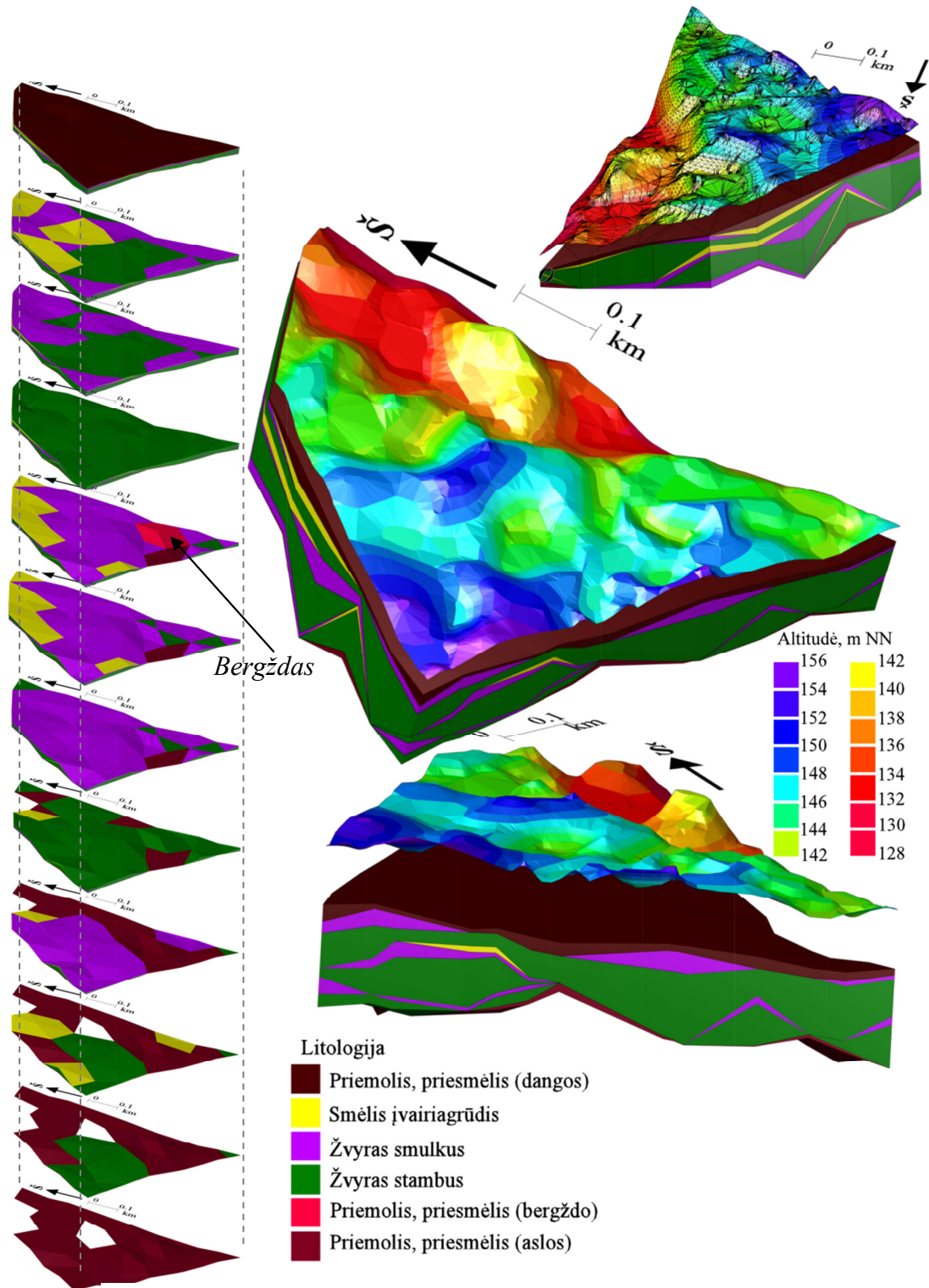
**45 pav.** Kušlėnų žvyro ir smėlio karjero naudingojo klodo įstrižas sluoksniuotumas pagal ozo tąsą



**46 pav.** Kušlėnų žvyro ir smėlio karjero naudingojo klodo muldos pavidalo įstrižas sluoksniuotumas statmenai ozo tąsai

Pagal gūbrio tąsą žvyro ir smėlio sluoksniai tolygiai įstrižai sluoksniuoti (45 pav.). Skersiniuose pjūviuose tie patys sluoksniai jau turi muldos pavidalo sluoksniuotumą, o sluoksniai išsidėstę lygiagrečiai apatiniam elementariojo įrežio kontaktui (46 pav.). Tai tipiškos tekančio orientuoto srauto suklotos nuogulų tekstūros.

47 pav. yra pateiktas Sniegių žvyro telkinio 3D geologinis modelis.



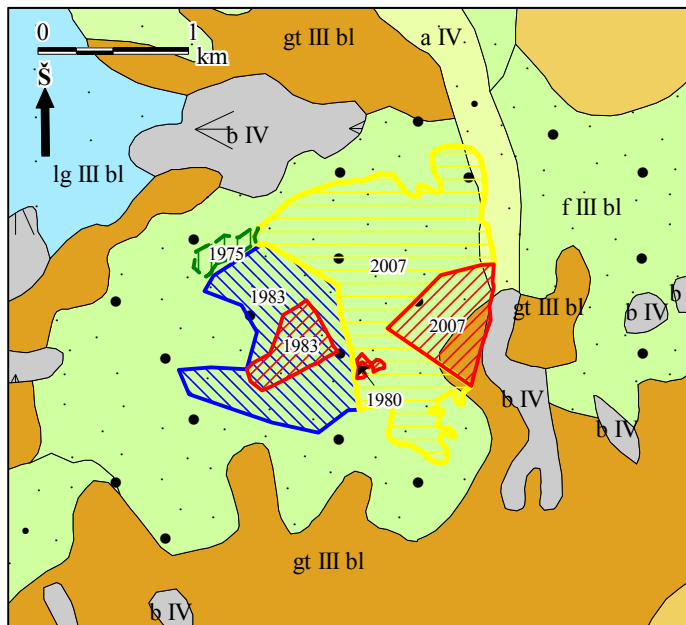
47 pav. Sniegių žvyro telkinio 3D geologinis modelis, nuogulų storiai ir jų erdvinė padėtis pagal litologines atmainas

Iš sudaryto Sniegių telkinio 3D geologinio modelio matome, kad po kraštinių darinių glacialinėmis (priemolio ir priemolio) nuogulomis slūgso įvairaus rupumo

žvyro sluoksniai su smėlio tarp sluoksniais, kartais suskaidyti priemolio ar priemolio lėšiais (bergždas) – 47, 49 pav..

Didžiulio storio žvyro klodas nedėsnigai suskaidytas įvairaus rupumo smėlio lėšiais. Pastarieji nėra gausūs ar plačiai paplitę. Daugiausia jų aptikta šiaurės vakarinėje tirtu ploto dalyje (47 pav.). Fliuvioglacialinės nuogulos slūgso ant itin raižyto glacigeninių nuogulų paviršiaus (36 pav.). Jos užpildo galias daubas. Ten fliuvioglacialinių nuogulų storis viršija 25-26 m (36 pav.). Tokie storai vyrauja šiaurės vakarinėje tirtu ploto dalyje bei pietiniame pakraštyje. Kitur panašaus storio fliuvioglacialinės nuogulos užpildo lokalias mineralinio pado daubas. Virš moreninio pado gūbrių ar apklotų žvyru kalvų fliuvioglacialinių nuogulų storis ženkliai sumažėja iki 2-3 m (36 pav.). Fliuvioglacialinių nuogulų asla žemėja šiaurės rytų kryptimi.

Sniegių žvyro telkinys susidarė paskutinio apledėjimo metu, kai ledynas ilgesnį laiką stabilizavosi ties Vidurio Lietuvos galinių morenų ruožu, kuris Rokiškio rajono šiaurės rytinėje dalyje nėra ryškus. Tačiau Grūdų stadijos metu paliktas kalvotas kraštinių glacigeninių darinių reljefas buvo pakankama kliūtis ilgesnei ledyno pakraščio stabilizacijai. Pradiniame šio ruožo formavimosi etape išspausta iš po ledyno ar nuo jo viršaus nušliaužusi moreninė medžiaga suformavo Baltijos stadijos kraštinių glacigeninių darinių ruožą, plytintį į pietryčius nuo ištirto Sniegių ir Šemetų bei Šemetų II telkinių (48 pav.).



**48 pav.** Išbraiža iš Lietuvos kvartero geologinio žemėlapiu (pagal R. Guobytę, 1998 m.)

Vėliau tarp šio moreninių darinių ruožo ir kiek atsitraukusio į šiaurės vakarus ledyno pakraščio atsiradusioje erdvėje pradėjo kauptis stambianuolaužinė medžiaga. Smulkiųjų dalelių išplovimo ir pašalinimo sąlygos iš šio pakraščio ruožo buvo nevienodos ir nepastovios, nes žvyro ir smėlio nuogulos atskiruose sluoksniuose yra nebloginai praplautos, o kitur labai molingos.



---

Sudėtinga Sniegių telkinio sandara labai gerai išryškėja nagrinėjant šio telkinio nuogulų sluoksniuotumą.

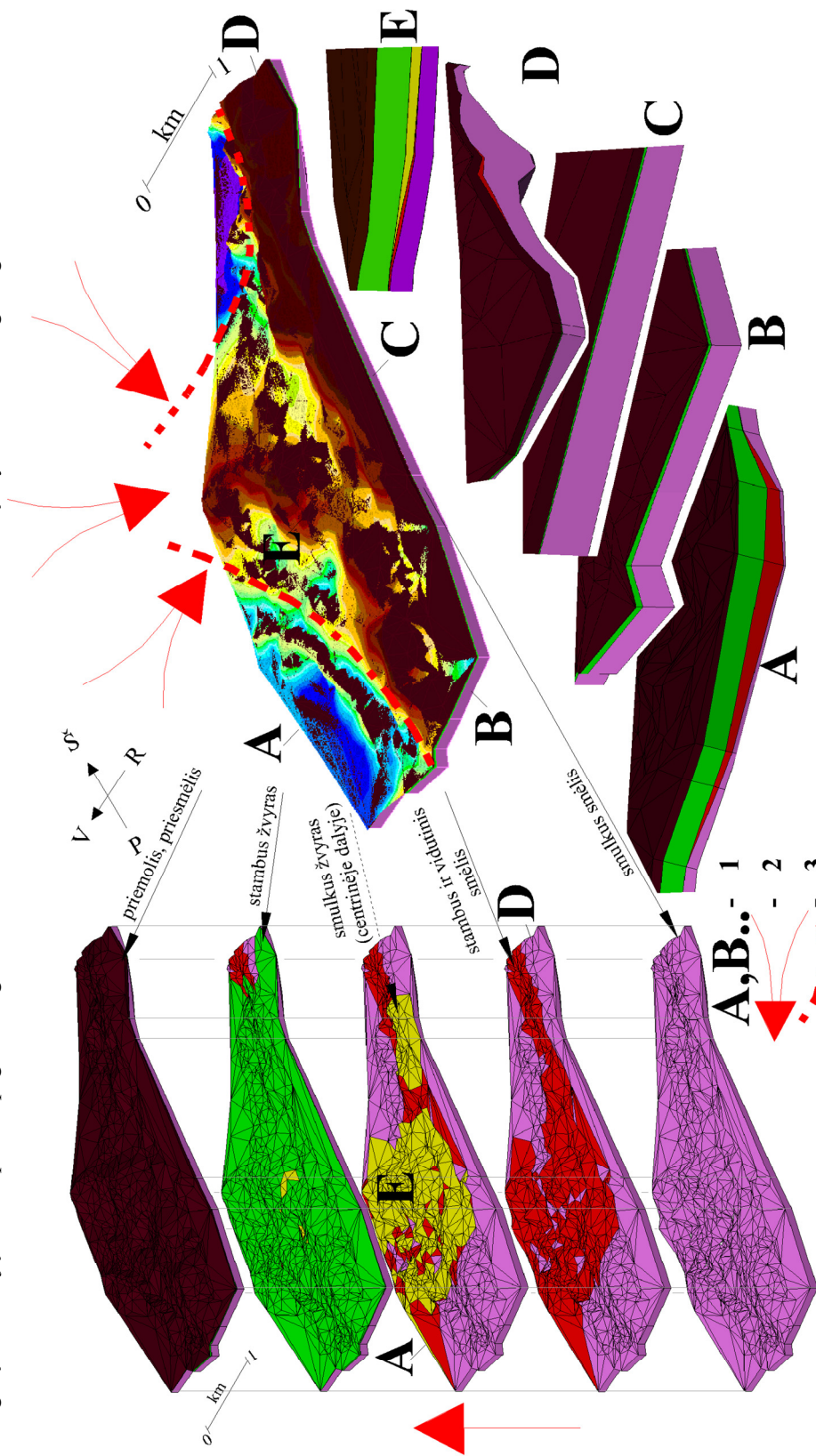


**49 pav.** Sniegių žvyro karjero naudingojo kledo žvyro -smėlio sluoksniai suskaidyti priemolio - priesmėlio lėšiais (bergždas)



**50 pav.** Sniegių žvyro karjero viršutinės dalies disjunktyvinės dislokacijos

51 pav. yra pateiktas Rūsteikių žvyro telkinio 3D geologinis modelis.



**51 pav.** Zarasų rajono Rūsteikių zonos 3D matematinis kartografinis (geologinis) modelis, nuogulų storiai ir jų erdvinė padėtis pagal litologines atmainas.  
1 – geologinio modelio projekcijos: A – vaizdas iš vakarinės pusės, B – vaizdas iš vakarinės pusės, C – vaizdas iš rytinės pusės, D – vaizdas iš šiaurinės pusės, E – vaizdas perpjovus sukurtą modelį per centrinę dalį, 2 – pagrindinė išnašų kūgio formavimosi kryptis, 3 – tikėtinos ledyno liežuvių pakraščių vietos.





**52 pav.** Rūsteikių žvyro telkinio geologiniai – litologiniai profiliai ir jų dislokacijos vieta (pagal L. Vainilaitį, 2009)

1 – stambus žvyras, 2 – smulkus žvyras, 3 – stambus ir vidutinis smėlis, 4 – smulkus smėlis, 5 – aleuritas, 6 – priesmėlis, 7 – priesmėlis, 8 – Viršutinio pleistoceno Baltijos posvitės kraštinių darinių limnoglacialinės nuogulos, 9 – Viršutinio pleistoceno Baltijos posvitės kraštinių darinių fluvioglacialinės nuogulos, 10 – Viršutinio pleistoceno Baltijos posvitės kraštinių darinių glacialinės nuogulos.

---

Tirtame Rūsteikių plote yra išskirti 4 pagrindiniai fliuvioglacialinių darinių sluoksniai: 1 - stambus žvyras, 2 - smulkus žvyras, 3 - blogai išrūšiuotas stambus ir vidutinis smėlis, 4 - smulkus smėlis (51 pav.). Fliuvioglacialinių nuogulų storis tirtame plote keičiasi nuo 1 iki 30 m (32 pav.) Taip pat buvo išskirti juos dengiančių priemolio bei asloje slūgsančio aleurito bei priemolio/priesmėlio sluoksniai. Asloje slūgsančio aleurito bei priemolio/priesmėlio sluoksniai yra pasiekti tik lokaliuose plotuose, neatspindi bendro vaizdo apie šių nuogulų paplitimą, todėl pateikiamame 3D geologiniame modelyje nevaizduojami. Tačiau nors ir lokaliai identifikuotas aleurito paplitimas, liudija apie fliuvioglacialinių nuogulų formavimosi pradžią baseininėse sąlygose.

Fliuvioglacialinės nuogulos slūgso ant viršutinio pleistoceno Nemuno ledyno Baltijos posvitės kraštinių darinių limnoglacialinių ir glacigeninių nuogulų, kurie sudarė jų aslos paviršių. Galima teigti, kad kraštinių fliuvioglacialinių darinių užuomazga, jų paklotinis paviršius susidarė, kai buvusias moreninio paviršiaus uždaras užpildė aleurito sluoksniai. Aleuritas pradėjo klostytis ant moreninio priemolio ar priesmėlio ir išplitęs visose tirtos ploto dalyse labiausiai pradubusiose fliuvioglacialinių ir jas aslojančių glacigeninių nuogulų vietose. Giliausiai jis paniręs šiaurinėje tirtos ploto dalyje (51 pav.).

Smulkus smėlis yra susiklostęs visos tirtos fliuvioglacialinės storumės apačioje. Klostėsi ant moreninio priemolio arba priesmėlio, vietomis ant aleurito (51 pav.). Šio smėlio sluoksnio storis siekia net 26,6 m. Smulkus smėlis yra išplitęs praktiškai visame tirtame plote ir sudaro vientisą sluoksnį. Tačiau jo storiai nėra tolygiai pasiskirstę, visa smulkaus smėlio storumė banguotai keičiasi (51 pav.).

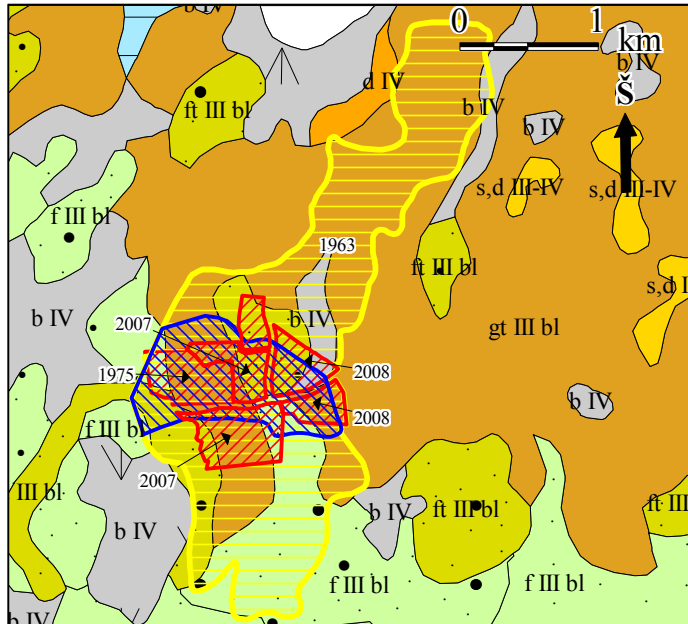
Aukščiau slūgsančioje fliuvioglacialinėje storumėje, aptinkamas rupesnio smėlio sluoksnis. Šio sluoksnio storiai siekia iki 12 m. Jo paplitimas mažesniais ar didesniais klodais aptinkamas beveik visame tirtame plote, tačiau visumoje jo paplitimo plotas nėra didelis. Jo nėra pačioje pietinėje ir labai mažai paplitęs šiaurės rytinėje dalyse. Pagrindinės šios litofacijos smėlio sankaupos aptinkamos centrinėje bei šiaurinėje tirtos ploto dalyse, kur paplitę trys izoliuoti vienas nuo kito smėlio plotai. Labiausiai nutolusioje į šiaurę gūbrio dalyje aptinkamas ir storiusias smėlio sluoksnis, siekiantis 12 m storį (51 pav.).

Aukščiau slūgso smulkaus žvyro sluoksnis, kurio storiai siekia iki 10,6 m. Paplitimas lokalus, užpildo mažiausius plotus visoje fliuvioglacialinėje storumėje.

Visas sluoksnis daugiausia paplitęs centrinėje tirtu ploto dalyje ir nesudaro vientiso kūno, o tik atskirus lęšius. Tiesa, vienas toks lęšis yra ir šiaurės rytinėje ploto dalyje, kur jo storis tesiekia 4 m. Smulkus žvyras uždengia žemiau jo slūgsančius rupaus ir smulkaus smėlio sluoksnius.

Stambaus žvyro sluoksnis apdengia visas giliau slūgsančias fluvio-glacialines nuogulas. Jo storis siekia iki 14,8 m. Jis slūgso beveik visame tirtame plote, užpildydamas visą fluvio-glacialinių nuogulų sluoksnį (51 pav.). Šiaurinėje gūbrio dalyje susiklostęs stambaus žvyro sluoksnis pasiekia didžiausią storį, kuris siekia virš 14 m. Mažiausias šio sluoksnio storis (iki 4 m) aptinkamas pietinėje tirtu ploto dalyje. Tirtu ploto pačioje šiaurinėje dalyje šio sluoksnio visai nerasta.

Didžiojoje tirtu ploto dalyje fluvio-glacialines nuogulas iš viršaus dengia kraštinių glacigeninių darinių moreninis priemolis ar priemolis. Bendras storis kinta nuo 0,1 iki 8,3 m. Ši danga storėja šiaurės kryptimi visame tirtame plote, taip užklodama didžiąją dalį visų fluvio-glacialinių sluoksnių. Patys didžiausi storiai yra susitelkę šiaurės rytinėje dalyje, viršydami 8 m. Pietinėje ploto dalyje visas dangos storis nesiekia 2 m. Tirtu ploto pietinėje dalyje yra išsidėstę veikiantys karjerai, todėl čia šios nuogulos jau yra nuimtos.



**53 pav.** Išbraiža iš Lietuvos kvartero geologinio žemėlapiu (pagal R. Guobytę, 1998 m.)

Nagrinėjama Rūsteikių zona yra Šiaurės Lietuvos Aukštaičių aukštumoje, kuri yra skirstoma į 26 mikrorajonus. Mūsų tiriamas objektas patenka į Salako-Liaudėnų mikrorajoną (Basalykas A. 1965), kuris apima ledyno liežuvinę įdubą, nusitęsiančią rytų link net iki Drūkšių ežero. Rajonas turi didelius guolinio tipo ežerinius dubenis. Kitos dubumos dalys labai išvarpytos smulkių termokarstinių daubų.

Paviršius nelygus, santykiniai peraukštėjimai viršija 39 m. Absoliutiniai aukščiai kinta tarp 154 - 193 m. Tokie peraukštėjimai susidaro dėl to, kad tirtas plotas

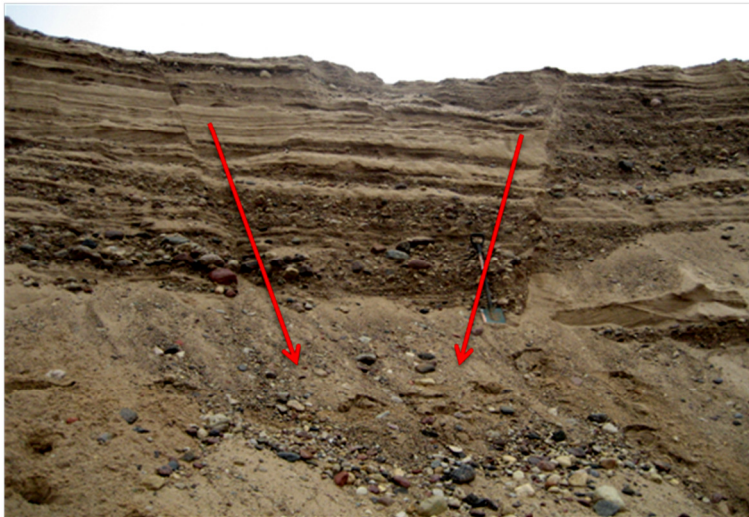


---

yra kalvotas bei daubotas. Visos aukščiausios kalvos yra aptinkamos šiaurės rytinėje tirtu ploto dalyje ir yra ištiesę pietų - šiaurės kryptimi (32 pav.).

Išanalizavus litofacijų, kurios atspindi sedimentacinio baseino bei fliuvioglacialinių srautų dinamiką, buvo išskirtos šios pagrindinės sedimentacijos aplinkos: itin stiprių srautų, stiprių srautų, vidutinio stiprumo, bei baseino.

Didžiąją fliuvioglacialinių nuogulų dalį suklojo vidutinio stiprumo srautai. Apie tai liudija smulkaus smėlio gausa gūbrio apatinėje dalyje. Viršutinę dalį suformavo žymiai stipresni srautai, kurie perdengė smėlį ir suklojo rupesnes nuogulas (stambų ir smulkų žvyrą). Apie srautų, formavusių fliuvioglacialinių gūbrių nuogulas, hidrodinaminį aktyvumą ir medžiagos pranešimo kryptį yra sprendžiama taip pat iš sudarytų sluoksnių polinkio kampų ir azimutų skritulinės ir rožių diagramų (33 pav.).



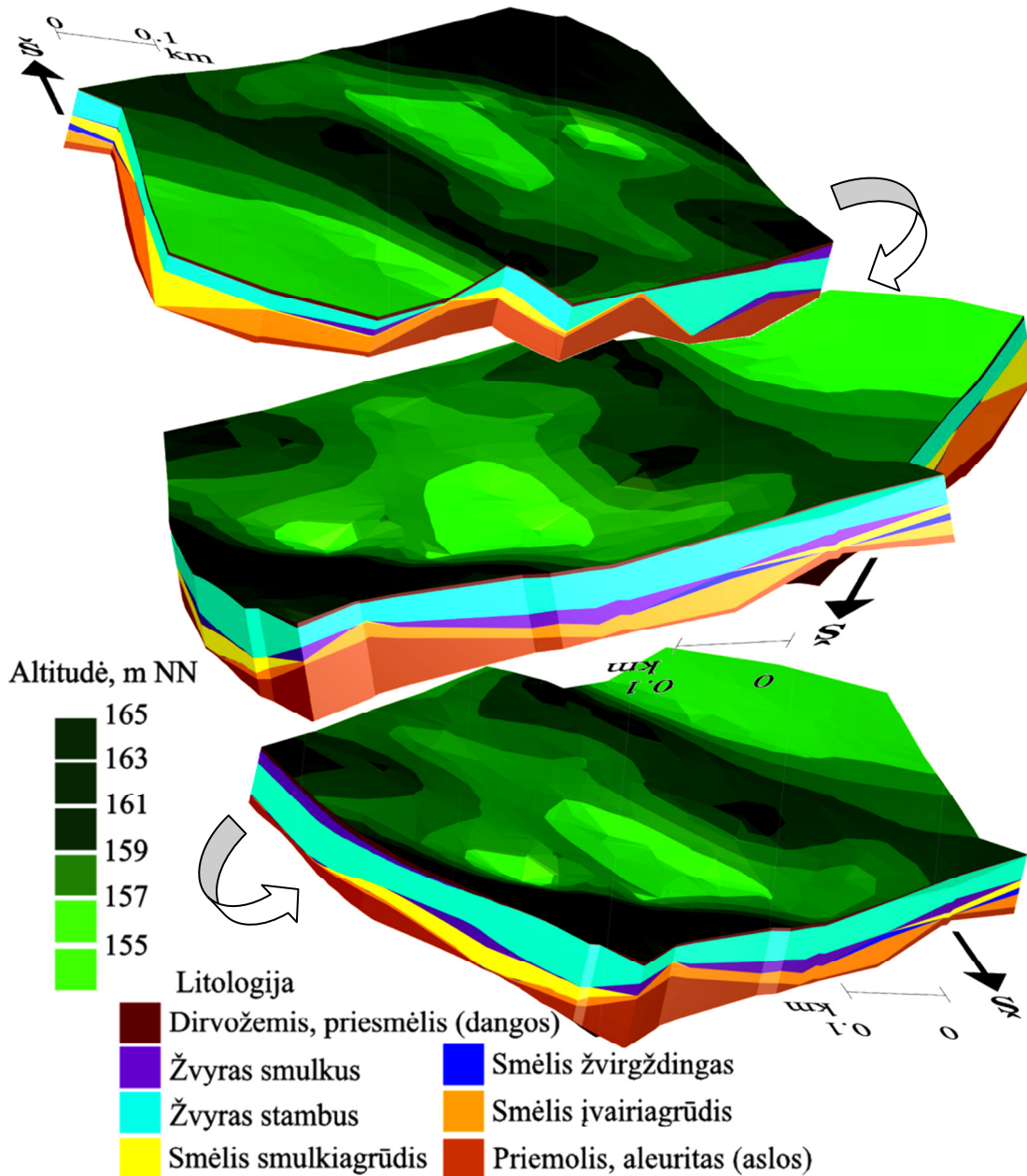
Galutinius gūbrio sandaros ir reljefo bruožus suformavo termokarstiniai procesai. Ledynui atitraukus, palaidoti ledo luitai pradėjo tirpti ir anksčiau sukloti sluoksniai deformavosi (54 pav.).



Sprūdžiais sudarkytas sluoksniuotumas, kaip ir Bogušiškių telkinio formavimosi sąlygų analizėje, įrodo, kad sedimentacinio baseino dugnas bei krantai buvo ledyniniai.

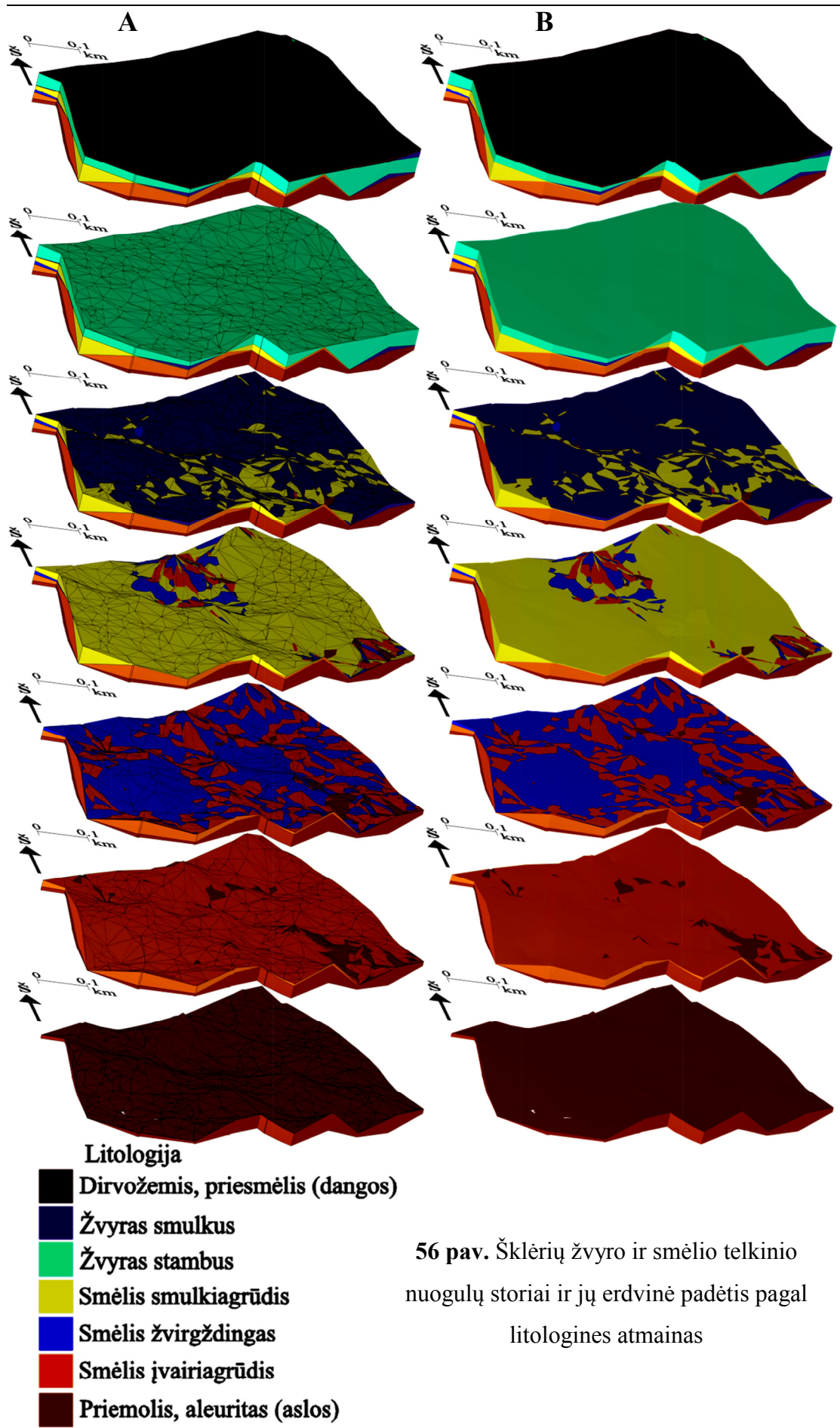
**54 pav.** Sprūdžių sistema Rūsteikių karjero fliuvioglacialinėse nuogulose

55 pav. yra pateiktas Šklėrių žvyro ir smėlio telkinio 3D geologinis modelis, 56 pav. išskaidytas jo variantas - šio telkinio nuogulų storiai ir jų erdvinė padėtis pagal litologines atmainas. 56 pav. parodytos du skirtingi 3D modelių atvaizdavimo būdai: su karkasu (trianguliacijos tinklu) - A ir be jo - B.



**55 pav.** Šklėrių žvyro ir smėlio telkinio 3D geologinis modelis

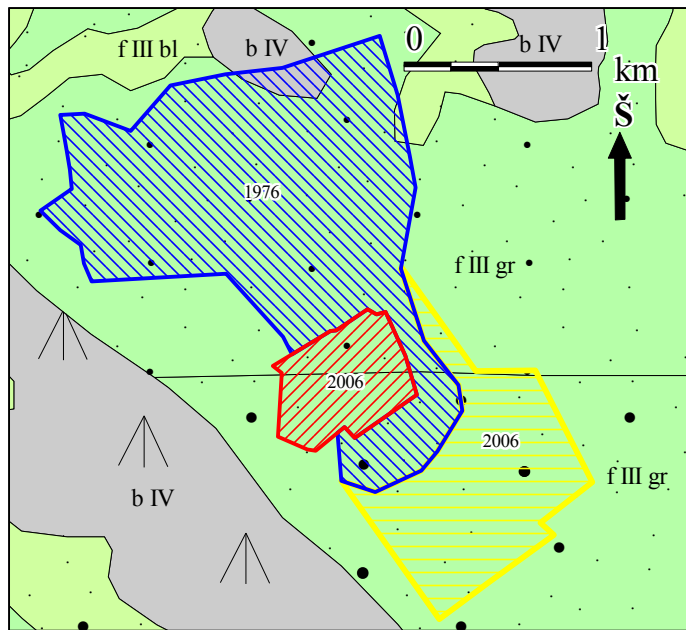
Viršutinėje tirtu ploto dalyje beveik visur slūgso įvairaus rupumo žvyras. Žvyro klotas kai kur suskaidytas smėlio lėšiais. Pastarieji, dažniausiai, aptinkami apatinėje dalyje. Analizuojant sukurtą 3D geologinį modelį, pastebima nuogulų smulkėjimo gilyn tendencija (55, 56 pav.).



56 pav. Šklėrių žvyro ir smėlio telkinio nuogulų storiai ir jų erdvinė padėtis pagal litologines atmainas



Šklėrių žvyro ir smėlio telkinys susidarė paskutinio apledėjimo metu, kai ledynas ilgesnį laiką stabilizavosi ties Lentvario-Trakų-Margio ežero linija.



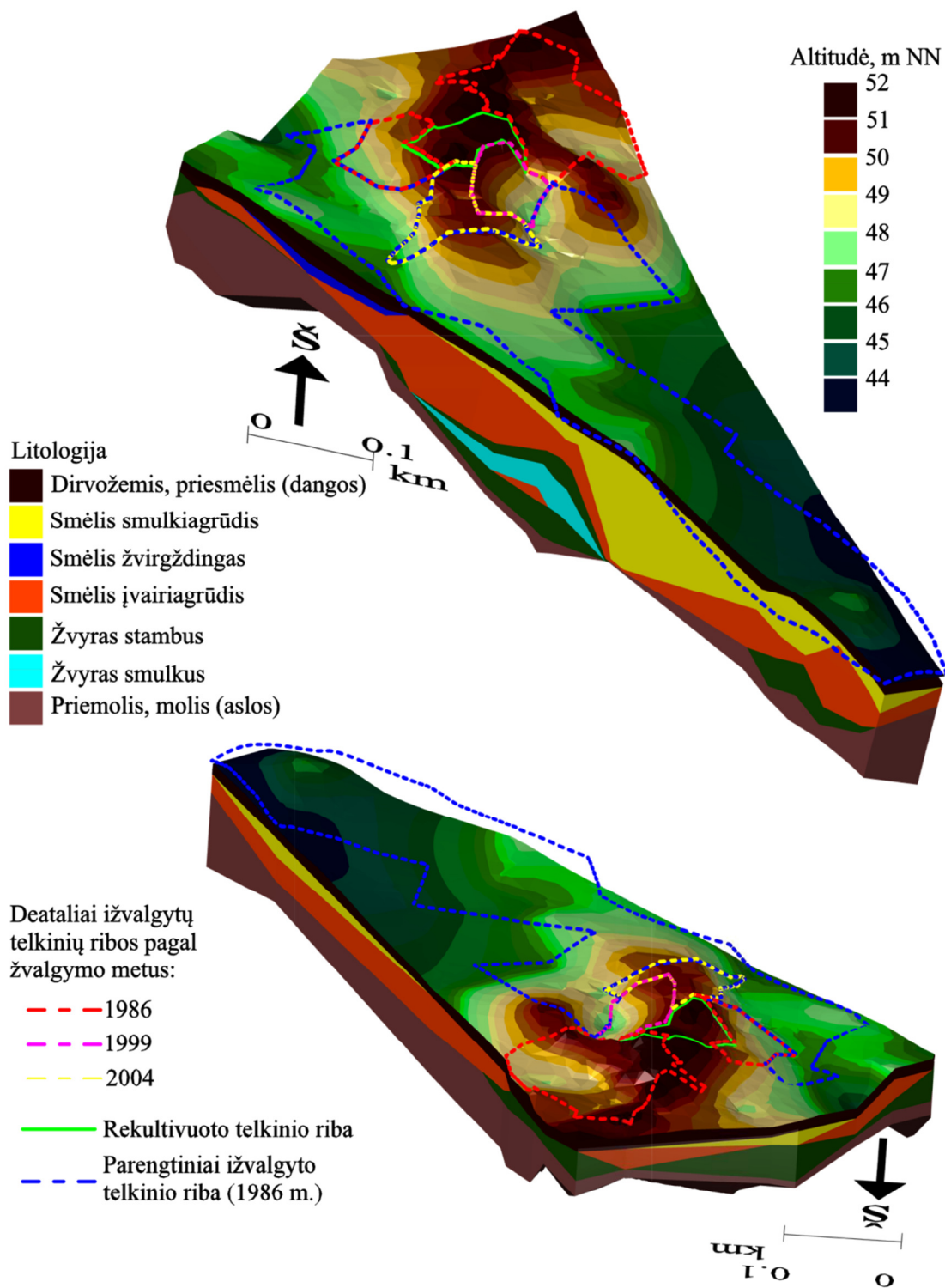
57 pav. Išbraiža iš Lietuvos kvartero geologinio žemėlapiu (pagal R. Guobytę, 1998 m.)

Priešais ledyną plytėjo ankstesnės paskutinio apledėjimo fazės metu atklota banguota moreninė lyguma, kurios įlomėse buvo nusėdusios prieleidyninės aleuritingos limnoglacialinės nuogulos, plačiai aptinkamos tirtu ploto apatinėje pjūvio dalyje. Tai sudarė prielaidas ledyno tirpsmo vandenims laisvai klaidžioti po prieleidyninę lygumą. Šie nepastovios dinamikos ir galios srautai ne tikai nešė nuo

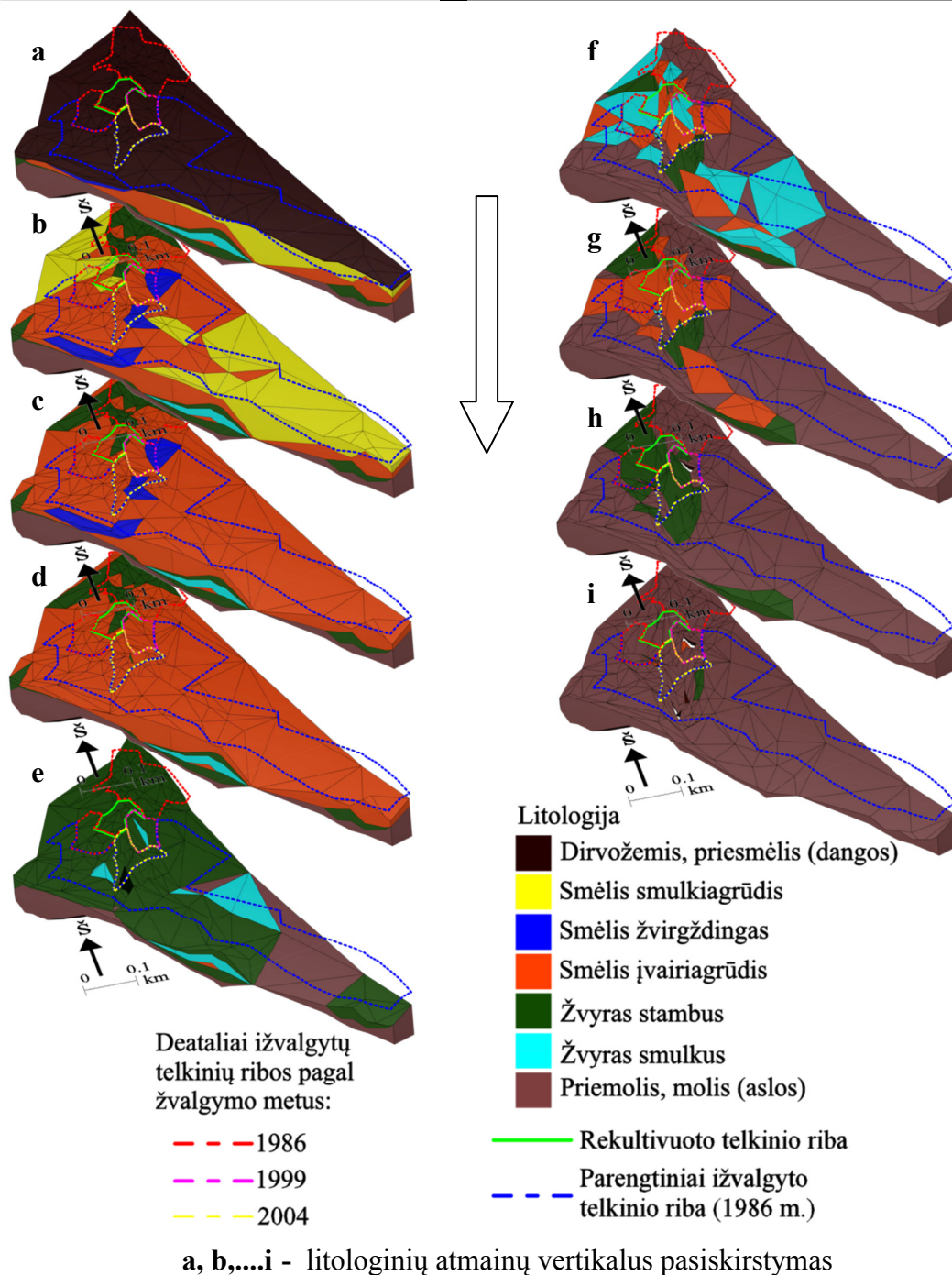
ledyno šlaito gausią atneštą medžiagą, bet ir ardė, vagojo lengvai pažeidžiamus buvusios lygumos aleurito ar morenų sluoksnius. Todėl fluvio-glacialinių nuogulų asla tapo banguotai-daubota, o ne lygi, kaip būdinga nepakeistoms limnoglacialinėms lygumoms. Visą zandro storumę suformavo nepastovios dinamikos laisvai klaidžiojantys po plačią prieleidyninę lygumą ledyno tirpsmo vandenys. Kopinės sedimentacijos metu klostėsi smulkesnis žvyras ir smėlio lėšiai, o srautui sustiprėjus, plokščiosios sedimentacinės fazės metu atsiklojo beveik horizontaliai sluoksniuoti gargždingi smėlio sluoksniai. Proceso pabaigoje nuo ledyno pakraščio nušliaužė itin molinga, praturtinta rieduliais ir gargždu bei žvirgždu, nerūšiuota moreninė medžiaga, sudariusi sliuogo facijos suklotus paviršinius sluoksnius (55, 56 pav.).

58 pav. pateiktas Selmoniškų žvyro telkinio 3D geologinis modelis, o 59 pav. šio telkinio nuogulų storiai ir jų erdvinė padėtis pagal litologines atmainas. Viršutinė fluvio-glacialinių nuogulų dalis yra litologiškai kaitesnė. Čia vyrauja įvairių atmainų smėlio lėšiai (59 pav., b, c, d). Smulkesnės smėlio atmainos ir didesni lėšių storiai nustatyti rytinėje ir vakarinėje periferinėse tirtu ploto dalyse. Šiose vietose fluvio-glacialinių nuogulų storiai yra gerokai plonesni. Giliau smėlingosios dalies fluvio-glacialines nuogulas, kaip taisyklė, sudaro žvyro sluoksniai (59 pav. e, f). Jų

neaptikta tik parengtiniai išžvalgyto telkinio pačioje pietrytiniame dalyje (59 pav.) Didžiausio storio fluvio-glacialinės nuogulos aptinkamos ašinėje iš šiaurės pietų kryptimi ištįsusioje juostoje. Čia jų storis siekia daugiau 11 m. Centrinėje (ašinėje), aukščiausiai pakilusioje tirtu ploto dalyje rupios fluvio-glacialinės nuogulos slūgso tiesiog ant glacialinio Baltijos posvitės priemolio (59 pav.).



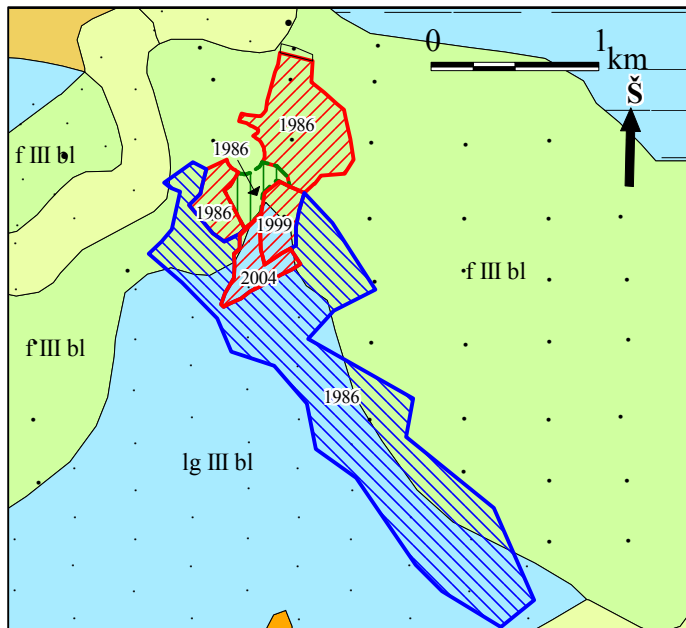
58 pav. Selmoniškųjų žvyro telkinio 3D geologinis modelis



**59 pav.** Selmoniškų žvyro telkinio nuogulų storiai ir jų erdvinė padėtis pagal litologines atmainas

Selmoniškų žvyro telkinys susidarė paskutinio apledėjimo metu, kai ledyno pakraštys buvo Pagėgių-Piktupėnų ruože. Jo pakraštyje telkšojo prieledyninis ežeras, kurio krantų pėdsakai aptinkami 60-65 m virš jūros lygio. Nuo atsilaisvinusios iš po ledyno Žemaičių aukštumos upės gausiai nešė sąnašas. Kol baseino krantas buvo nutolęs, tirtoje teritorijoje klostėsi limnoglacialinis molis su smėlingų nuogulų lėšiais. Žemėjant prieledyninio baseino vandens lygiui, Jūros upė ilgino savo vagą ir šio

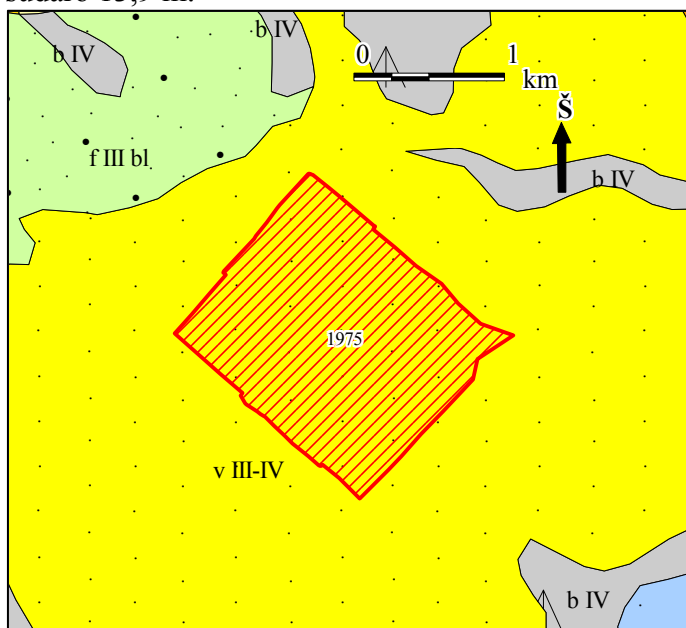
srauto ašinėje dalyje išplovė anksčiau nusėdusias molingas nuogulas bei viršutinę glacialinio priemolio dalį. Susiformavo lovio pavidalo išgrauža, kuri kiek vėliau buvo užpildyta gerai surūšiuotu stambiu bei kiek smulkesniu žvyru, o silpnėjant srautui



**60 pav.** Išbraiža iš Lietuvos kvartero geologinio žemėlapiu (pagal R. Guobytę, 1998 m.)

viršutinėje fluvio-glacialinės deltos dalyje atsikloja smėlingi sluoksniai (59 pav.). Fluvio-glacialinės deltos vystymosi paskutinėje stadijoje, užutekiuose ar kitokiose ramesnėse įlankėse nusėdo blogai praplauta priemėlinga ir molinga medžiaga. Aprašytos Selmoniškių žvyro telkinio susidarymo sąlygos nulėmė nesudėtingą jo sandarą ir sluoksnių slūgsojimą ištisiniu klodu.

62 pav. yra pateiktas Sandrupio smėlio telkinio 3D geologinis modelis. Naudingojo klodo storis šiame telkinyje labai kaitus – nuo 3,6 iki 23,9 m, vidutiniškai sudaro 13,9 m.

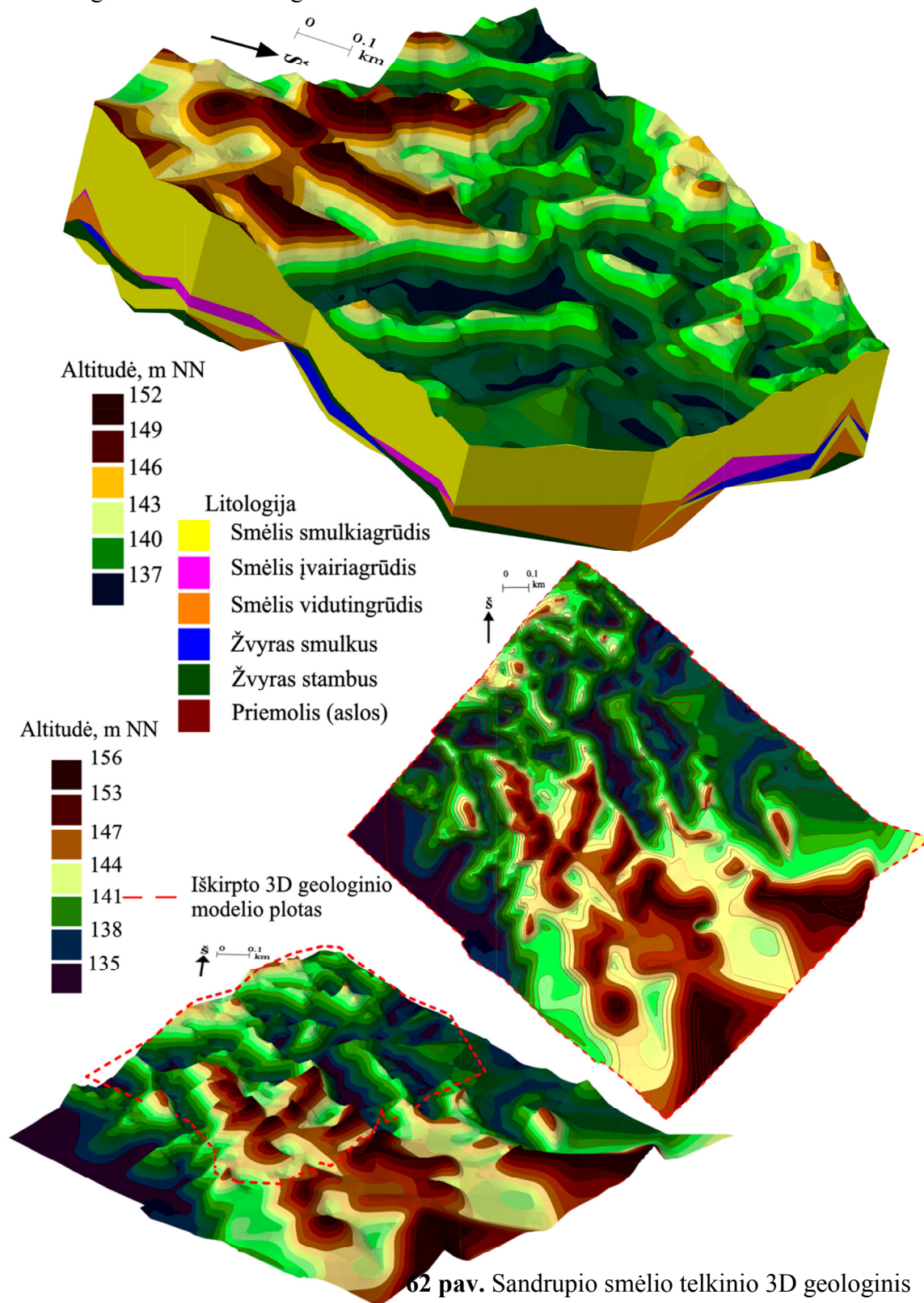


**61 pav.** Išbraiža iš Lietuvos kvartero geologinio žemėlapiu (pagal R. Guobytę, 1998 m.)

Naudingąjį klodą sudaro vėlyvojo ledynmečio ir holoceno eolinės nuogulos žemiau kopų papėdžių slūgsančios ant fluvio-glacialinių slėninių srautų suklotų nuogulų. Smėlio sluoksnio kaitą lemia itin raižytas kontinentinių kopų reljefas. Tarpukalnėse jis yra minimalus, o kopų viršūnėse staigiai išauga (61 pav.).



Sudarant Sandrupio telkinio 3D geologinį modelį buvo išskirtos šios litologinės atmainos: smėlis smulkiagrūdis, smėlis įvairiagrūdis, smėlis vidutingrūdis, žvyras smulkus, stambus ir tirtų nuogulų asloje slūgsantis priemolis. Didžiausias kiekis tenka smulkiagrūdžiam ir vidutingrūdžiam smėliams.



62 pav. Sandrupio smėlio telkinio 3D geologinis modelis, skaitmeninis reljefo paviršius (2D, 3D)



---

Sukurti atrinktų tyrimui telkinių ir prognozinių plotų 3D geologiniai modeliai tolimesniame šio darbo etape buvo panaudoti naudingųjų iškasenų išteklių apskaičiavimui.

Naudingosios iškasenos išteklių skirstomi į:

- ⇒ geologinius – patvirtinti Žemės gelmių išteklių aprobavimo komisijoje;
- ⇒ pramoninius (išgaunamus) – realiai galimi išgauti išteklių, apskaičiuojami sudarant telkinio naudojimo (kasybos-rekultivavimo) projektą, įvertinus visus naudingosios iškasenos nuostolius, neparankius gavybai plotus.

### **1.3.2. Naudingosios iškasenos geologiniai išteklių**

Žemės gelmių, kaip išimtinės valstybės nuosavybės, pažinimas ir jose esančių išteklių įvertinimas yra visą laiką aktualus, nes sąlygoja šalies ekonominių savarankiškumą. Dabar, kai ūkio vystymuisi vis svarbesnės tampa vietinės žaliavos, būtina numatyti, kaip maksimaliai išnaudoti žemės gelmių potencines galimybes. Vienas iš pagrindinių veiksnių, lemiančių racionalų išteklių naudojimą, yra teisinga išteklių apskaita. Išteklių apskaita pradėta vykdyti žmonijai suvokus, kad išteklių nėra begaliniai. Šiuo metu yra žinoma apie dvidešimt išteklių apskaičiavimo metodų, tačiau praktikoje daugelis iš jų nėra naudojami. Labiausiai žinomi ir daugiausiai naudojami yra šie: pjūvių, geologinių blokų, eksploatacinių blokų, daugiakampių, trikampių, izolinijų (Авдонин и др., 2007; Ажгирей и др., 1954; Борзунов и др., 1977; Борзунов, 1969,1982; Каждан, 1984).

Telkinių modeliavimo automatizuotoje programoje (Geomap 2010 su atitinkamu priedu) yra įdiegtas „GRID“ (tinklelio) išteklių skaičiavimo metodas. Tam, kad suvokti jo teikiamus privalumus ir trūkumus tyrimui išskirtuose skirtingų genetinių potipių telkiniuose buvo atliktas išteklių skaičiavimas šiuo metodu ir labiausiai žinomais ir daugiausiai iki šiol naudojamais Lietuvoje ir užsienyje, aukščiau paminėtais išteklių skaičiavimo metodais. Skaičiavimai buvo atliekami detaliam išžvalgytų telkinių plotuose, rezultatai ir jų palyginimas tarpusavyje pateikiamas žemiau.

#### **1.3.2.1. Naudingosios iškasenos geologinių išteklių skaičiavimo metodika**

*Geologinių blokų metodas.* Šis metodas yra pats paprasčiausias ir reikalaujantis mažesnių darbo sąnaudų. Išteklių apskaita, naudojant jį, remiasi naudingosios

---

iškasenos geologinio kūno skaidymu į atskiras figūras – blokus, kurių aukštis yra vidutinis naudingosios iškasenos storis kiekviename bloke. Skaidant į blokus atsižvelgiama į naudingosios iškasenos kokybines charakteristikas, storius, ištirtumą, slūgsojimo sąlygas, hidrotechnines ir hidrogeologines sąlygas. Naudingosios iškasenos tūris kiekviename bloke apskaičiuojamas pagal formulę (Deltuva ir kt., 2006; Авдонин и др., 2007; Борзунов, 1982):

$$V = S \times h_{\text{vid}} \quad [6],$$

kur  $S$  – bloko plotas;  $h_{\text{vid}}$  – vidutinis naudingosios iškasenos storis išskirtame bloke.

Bendras naudingosios iškasenos kiekis yra suma naudingosios iškasenos tūrių visuose blokuose.

Pats elementariausias skaičiavimo atvejis, naudojant šį metodą, yra kai visas geologinis kūnas traktuojamas kaip vienas blokas, neskaidant jo. Praktikoje jis dažnai vadinamas *vidutiniu aritmetiniu*.

Pjūvių metodas. Šis metodas gali būti naudojamas telkiniuose, kurių išžvalgymas atliktas gręžiniais išdėstytais tiesiomis linijomis, per kurias galima sudaryti geologinius pjūvius. Geologiniai pjūviai skaido kūną į atskiras dalis – blokus. Išteklių apskaičiavimui, pirmiausia išmatuojamas naudingo klodo užimamas plotas kiekviename pjūvyje. Po to, išmatuojamas atstumas tarp gretimų pjūvių. Išmatuotas atstumas dalijamas per pusę. Sandauga naudingo klodo užimamo ploto atitinkamame pjūvyje ir sumos atstumų tarp gretimų pjūvių yra naudingosios iškasenos tūris išskirtame bloke:

$$V = S_{\text{pr}} \times (a_1 + a_2) \quad [7],$$

kur  $S_{\text{pr}}$  – naudingosios iškasenos plotas pjūvyje;  $a_1, a_2$  – atstumai tarp gretimų pjūvių.

Susumavus atskirų blokų tūrius gauname bendrą naudingosios iškasenos tūrį visame telkinyje.

Tokia skaičiavimo metodika taikoma, kai pjūviai vienas kito atžvilgiui išdėstyti lygiagrečiai, tačiau praktikoje dažnai pasitaiko atvejai, kai pjūviai išdėstyti nelygiagrečiai. Tokiu atveju galima naudoti A. Zolotarevo formules (Авдонин и др., 2007; Борзунов, 1982; Каждан и др., 1990; Кноринг и др., 1989):

- kai kampas tarp pjūvių plane mažesnis negu  $10^\circ$ :

$$V = \left( \frac{S_{\text{pr1}} + S_{\text{pr2}}}{2} \right) \times \left( \frac{H_1 + H_2}{2} \right) \quad [8],$$

---

kur  $S_{pr1}$ ,  $S_{pr2}$  – naudingosios iškasenos plotai pjūviuose;  $H_1$ ,  $H_2$  – ilgiai statmenu, nuleistų iš pjūvių plotų svorių centrų projekcijų į priešingą žvalgybos liniją.

- kai kampas tarp pjūvių plane didesnis negu  $10^\circ$ :

$$V = \left( \frac{\alpha}{\sin \alpha} \right) \times \left( \frac{S_{pr1} + S_{pr2}}{2} \right) \times \left( \frac{H_1 + H_2}{2} \right) \quad [9],$$

kur  $\alpha$  – kampas tarp pjūvių, rad; kiti žymėjimai kaip 8 formulėje.

A.Zolotarevo formulį naudojimo sunkumas pasireiškia svorio centro nustatyme. Išteklių apskaitai tarp nelygiagrečiai išdėstytų pjūvių dar naudojamos supaprastintas A.Prokofjevo būdas. Tačiau šis metodas duoda dideles paklaidas, jeigu geologinis kūnas pasviręs erdvėje.

J.Kolmogorovas, taip pat E.Pogrebickis, V.Ternovas pasiūlė metodą, kuris duoda mažesnes paklaidas ir tinka net jeigu geologinis kūnas pasviręs erdvėje. Jo esmė tame, kad visas blokas tarp dviejų nelygiagrečiai išdėstytų pjūvių dalijamas į du blokus (subblokus): daroma vieno iš pjūvio projekcija taip, kad jos linija būtų lygiagreti vienam iš pjūviui. Pirmo subbloko tūris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$v_1 = \left( \frac{S_{pr1} + S'_{pr2}}{2} \right) \times A \quad [10],$$

kur  $A$  – atstumas tarp pjūvio ir kito pjūvio projekcijos į plokštumą, lygiagrečios pirmajam pjūviui;  $S'_{pr2}$  – naudingosios iškasenos plotas pjūvio projekcijoje, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$S'_{pr2} = S_{pr2} \times \frac{l'_2}{l_2} \quad [11],$$

kur  $l_2$  – pjūvio ilgis,  $l'_2$  – pjūvio projekcijos (lygiagrečios kitam pjūviui) ilgis.

Antro subbloko tūris apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$v_2 = \frac{S_{pr2} \times h}{2} \quad [12],$$

kur  $h$  – statmuo, nuleistas iš pjūvio, kuriuo projekcija padaryta kraštinio taško į projekcijos liniją.

Izolinijų metodas. Šis metodas senai aprašytas literatūroje (Ажгирей и др., 1954), tačiau Lietuvoje paplitęs plačiai nebuvo. Naudojant jį pirmiausia turi būti sudaromas naudingojo klando storių izolinijų žemėlapis. Kai išteklių apskaičiavimas buvo vykdomas rankiniu būdu, nenaudojant kompiuterinės technikos, izolinijų

---

išbraižymas buvo gana sudėtingas procesas. Tai yra viena iš priežasčių, kodėl šis metodas netapo plačiai naudojamu.

Sudarius naudingojo klodo storių izolinių žemėlapi, ištekliai apskaičiuojami sekančiai:

nuogulų storių skaičiavimo plane apmatuojamas kiekvienos izolinijos apribotas plotas ir nupjauto kūgio principu apskaičiuojamas kiekvieno segmento (nuopjovos) tūris pagal formulę:

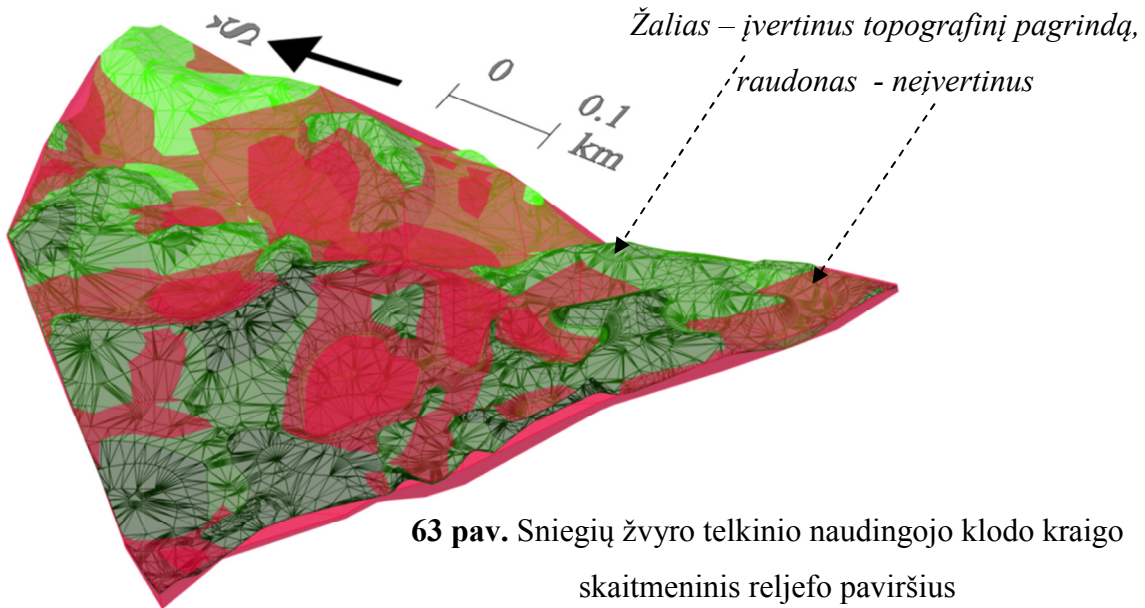
$$V = (S_{\text{virš}} \times h_p) + (S_{\text{ap}} - S_{\text{virš}}) \times h_n \quad [13],$$

kur  $S_{\text{virš}}$  – viršutine izolinija apibrėžtas plotas;  $S_{\text{ap}}$  – apatine izolinija apibrėžtas plotas;  $h_p$  – naudingo sluoksnio storis perdengtoje juostoje,  $h_n$  – naudingo sluoksnio storis neperdengtoje juostoje, m.

Susumavus visų segmentų tūrius gauname bendrą naudingosios iškasenos tūrį telkinyje.

„GRID“ (tinklelio) metodas. Šis metodas sukurtas trikampių metodo pagrindu GIS aplinkoje. Norint apskaičiuoti išteklius šiuo metodu reikia turėti Geomap, Civil, MapInfo, ArcGIS arba kitas GIS programines įrangas. Jo esmė tame, kad visas telkinys yra skaidomas į įstrižai nupjautas prizmes, viršutinis ir apatinis jų pagrindai yra trikampiai, kurių viršūnės yra gręžiniai. Šoninės prizmių briaunos yra apsprendžiamos naudingosios iškasenos storio gręžiniuose. Išteklių kiekis skaičiuojamas kiekvienai prizmei atskirai pagal geometrines formules. Susumavus visose išskirtose prizmėse tūrius, gaunamas bendras viso telkinio tūris. Nors šis metodas yra senai žinomas, jis nebuvo naudojamas visų pirmą dėl to, kad trikampius reikia išbraižyti grafiškai, vadovaujantis tam tikromis sąlygomis, o antra kiekvieno gręžinio duomenys skaičiavimuose naudojami mažiausiai tris kartus, kas apsunkina skaičiavimus ir reikalauja didesnės darbo apimties. Be to, tokiu būdu apskaičiuotų išteklių rezultatai nebuvo labai patikimi, kadangi taikant šį metodą išteklių apskaitai nekompiuteriniu būdu, buvo naudojami tik gręžinių duomenys, neatsižvelgiant į reljefo kaitą. Vystantis kompiuterinėms technologijoms šis metodas buvo perkeltas į GIS aplinką ir įgavo „GRID“ (tinklelis) pavadinimą. Jo panaudojimas GIS aplinkoje yra patobulintas. Čia yra naudojami ne tik gręžinių duomenys, bet ir topografinis pagrindas. Tokiu būdu yra įvertinamas reljefo sudėtingumas. Naudojant aukščiau aprašytus metodus tai buvo sunkiai pasiekama ir susidarydavo naudingosios iškasenos skaičiavimo paklaidos. Topografinio pagrindo įtaka iliustruota pateiktame

63 pav. Tai yra Sniegių žvyro telkinio naudingojo klodo kraigo 3D vaizdas, įvertinus topografinį pagrindą (žaliai užspalvintas), ir neįvertinus - raudonai užspalvintas. Matome, kad neįvertinus topografinio pagrindo, ypač sudėtingos sandaros telkiniuose (etalonu yra Sniegių žvyro telkinys), prie naudingosios iškasenos tūrio priskaičiuojamos telkinio reljefe esančios kalvos, o jame pasitaikančios duobės atitinkamai yra minusuojamos ir gaunamas labai netikslus naudingosios iškasenos kiekis.



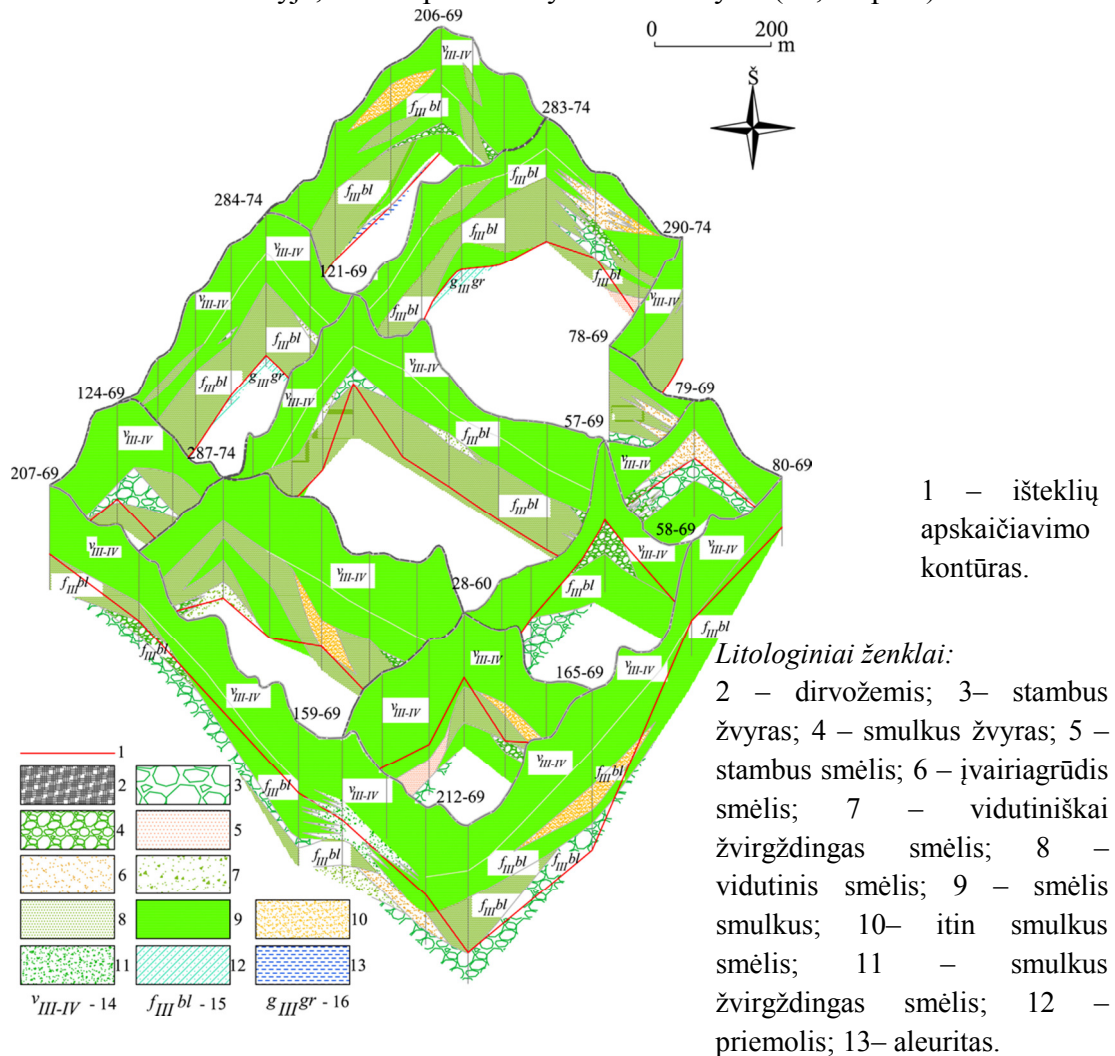
**63 pav.** Sniegių žvyro telkinio naudingojo klodo kraigo skaitmeninis reljefo paviršius

Tūrių skaičiavimui naudojant „GRID“ metodą dažniausiai sudaromi naudingojo klodo kraigo ir aslos paviršiai. Tūris, esantis tarp šių dviejų paviršių, sudaro naudingosios iškasenos tūrį. Tūrių apskaičiavimui abu šie paviršiai yra perdengiami tinkleliu, sudarytu iš celių, išdėstytų į eilutes bei stulpelius pagal laisvai užduodamus parametrus (celių dydžius pagal x ir y). Kiekvienai tinklelio celei (tinklelio celės kampuose) automatiškai pagal sudarytų paviršių duomenis apskaičiuojamas naudingosios iškasenos storis. Kiekvienoje celėje gaunamas paviršius dalinamas į dvi trikampes prizmes. Tūris yra apskaičiuojamas automatiškai kiekvienai trikampių celei atskirai bei susumuojamas. Tiksliausiai ištekliai apskaičiuojami tada, kai tinklelio tankumas yra mažesnis negu vidutinis paviršiaus duomenų pasiskirstymo kiekis. Tačiau ir šis metodas turi trūkumą, nes jeigu nors vienas prizmės kampas iškrenta iš paviršiaus ribų visa prizmė yra pašalinama iš skaičiavimų. Kadangi skaičiavimuose stengiamasi celių dydį parinkti kuo mažesni, tai šis trūkumas nesudaro didelių paklaidų. Privalumas naudojant šį metodą tas, kad paviršiai išlieka aktyvūs visą laiką, todėl pakitus vieno iš jų reikšmėms, automatiškai perskaičiuojamas ir pasikeitęs tūris. Tai svarbu pradėjus gavybos darbus, kadangi suteikia galimybę stebėti išteklių kaitą

(skaičiuoti išteklių gavybos apimtis ir likutį pagal tuos pačius principus). Tuo būdu, šis telkinio išteklių apskaičiavimo planas tampa dinamišku išteklių apskaičiavimo modeliu.

### 1.3.2.2. Naudingosios iškasenos geologinių išteklių skaičiavimo rezultatai

Išteklių apskaičiavimo blokų metodu rezultatai išskirtų genetinių potipių telkiniuose rodo, kad nekaitaus reljefo, tolygios aslos telkiniuose ir esant tankiam gręžinių tinklui gaunami gana patikimi apskaitos duomenys. Skirtumas nuo GRID metodo, esant minėtoms sąlygoms neviršija 3 procentų. Kai reljefas yra kaitus, gautų rezultatų patikimumas mažėja. Tai rodo atliktas išteklių apskaičiavimas Sandrupio eolinio smėlio telkinyje, kuriuo paviršius yra labai raižytas (62, 64 pav.).

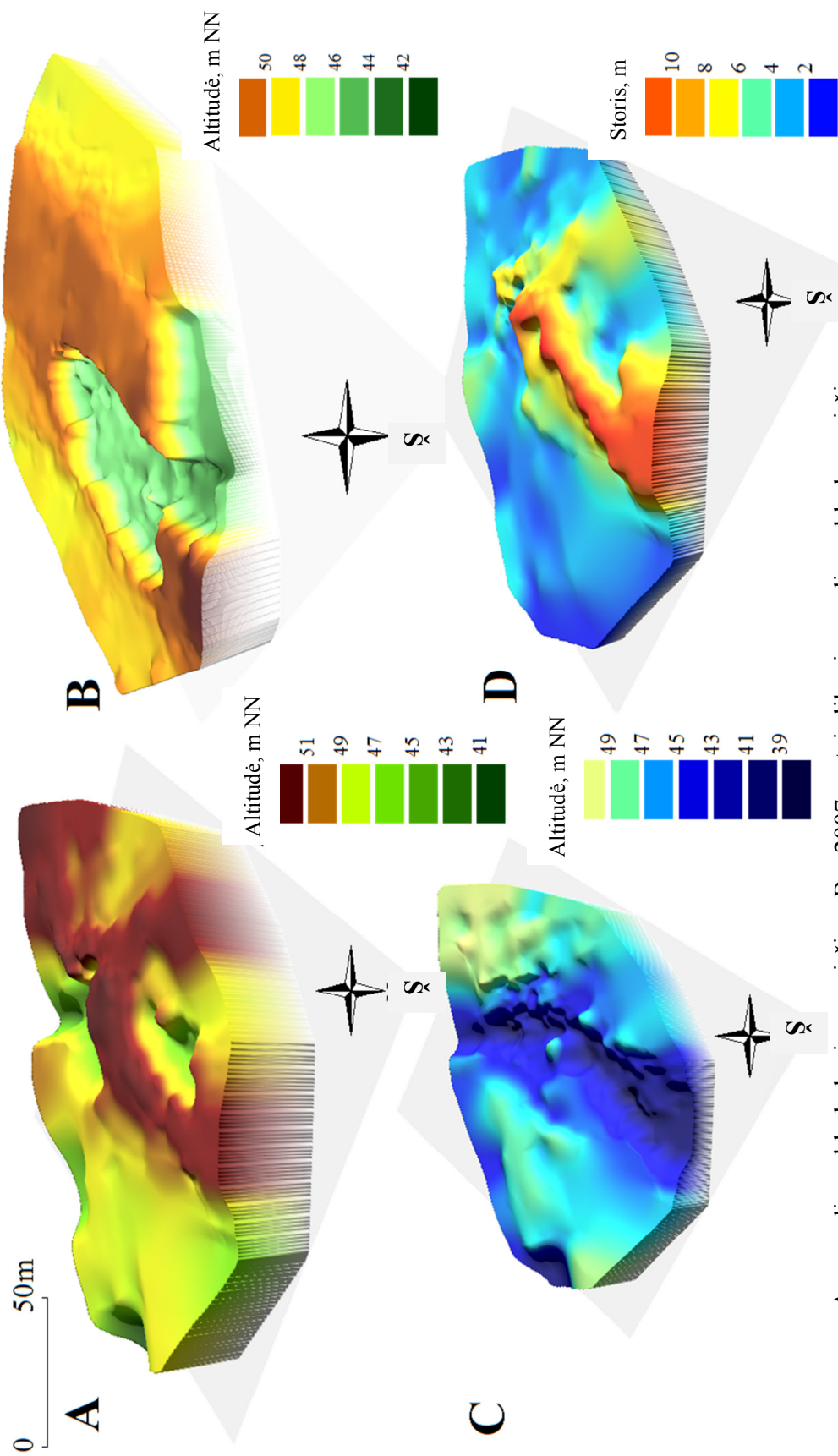


**64 pav.** Sandrupio eolinio smėlio telkinio išteklių apskaičiavimas pjūvių metodu

---

Šio telkinio apylinkėse vyrauja vienas prie kito prišlieti kopų masyvai. Kopų gūbriai ištįsę iš šiaurės į pietus ar pietryčius (šio darbo 1.3.1 skyrius). Santykiniai peraukštėjimai kinta nuo 3-5 m iki 15-20 m, o kopų šlaitai gana statūs, iki 15-20°. Absoliutiniai eolinio paviršiaus aukščiai čia kinta nuo 135,1 iki 150,4 m. Naudingąjį klodą sudaro vėlyvojo ledynmečio ir holoceno eolinės nuogulos, žemiau kopų papėdžių slūgsančios ant fliuvioglacialinių slėninių srautų suklotų nuogulų. Smėlio sluoksnio kaitą lemia itin raižytas kontinentinių kopų reljefas. Tarpukalnėse jis yra minimalus, o kopų viršūnėse staigiai išauga. Taigi naudingojo klodo storis labai kaitus – nuo 3,6 iki 23,9 m, vidutiniškai sudaro 13,9 m. Įvertinti tokią naudingojo klodo kaitą blokų metodu yra labai sudėtinga, kadangi skaičiuojant išteklius šiuo metodu yra naudojami tik gręžinių, šurfų ir interpoliacijos taškų duomenys, o reljefo raižytumas, kuris šio genetinio tipo telkiniuose turi didelę įtaką naudingo klodo storiui, nėra vertinamas. Taip pat nepatikimus rezultatus gauname, kai esamas gręžinių tinklas nėra tankus. Ši problema išryškėjo skaičiuojant išteklius blokų metodu Selmoniškių fliuvioglacialinės deltas žvyro telkinyje. Nustatytas net 11 procentų skirtumas nuo GRID metodo. Šio telkinio sandara nėra sudėtinga, tačiau jo ašinėje dalyje išryškėja senslėnis, kuriame yra pats didžiausias naudingojo klodo storis (65 pav.). Išgręžtų gręžinių tinklas yra nepakankamas, kad būtų įvertintas naudingo klodo storio padidėjimas senslėnio vietoje. Be to, blokų metodo taikymas apsunkinamas prasidėjus telkinio eksploatacijai. Pradėjus naudingosios iškasenos gavybą, telkinyje atsiranda gavybos šlaitai. Kai gavyba vykdoma keliose vietose, nesant tolygiam gavybos frontui, susidaro daug gavybos pakopų skirtingose vietose. Viena gavybos pakopa nuo kitos atskiriama gavybos šlaitais. Norint kuo tiksliau apskaičiuoti iškastą naudingosios iškasenos kiekį ir išteklių likutį, išteklių blokai dalijami į subblokų, įvertinant atskirai išteklių kiekį gavybos šlaite, jo viršuje ir apačioje. Taigi, kai atsiranda daug gavybos šlaitų skirtingose vietose, išteklių apskaičiavimas blokų metodu tampa sudėtingesniu darbo imlumo požiūriu. Tai gerai iliustruoja pateiktas Kušlėnų ozo žvyro ir smėlio telkinio išteklių apskaičiavimo planas (66 pav., 10 - 11 lentelės).

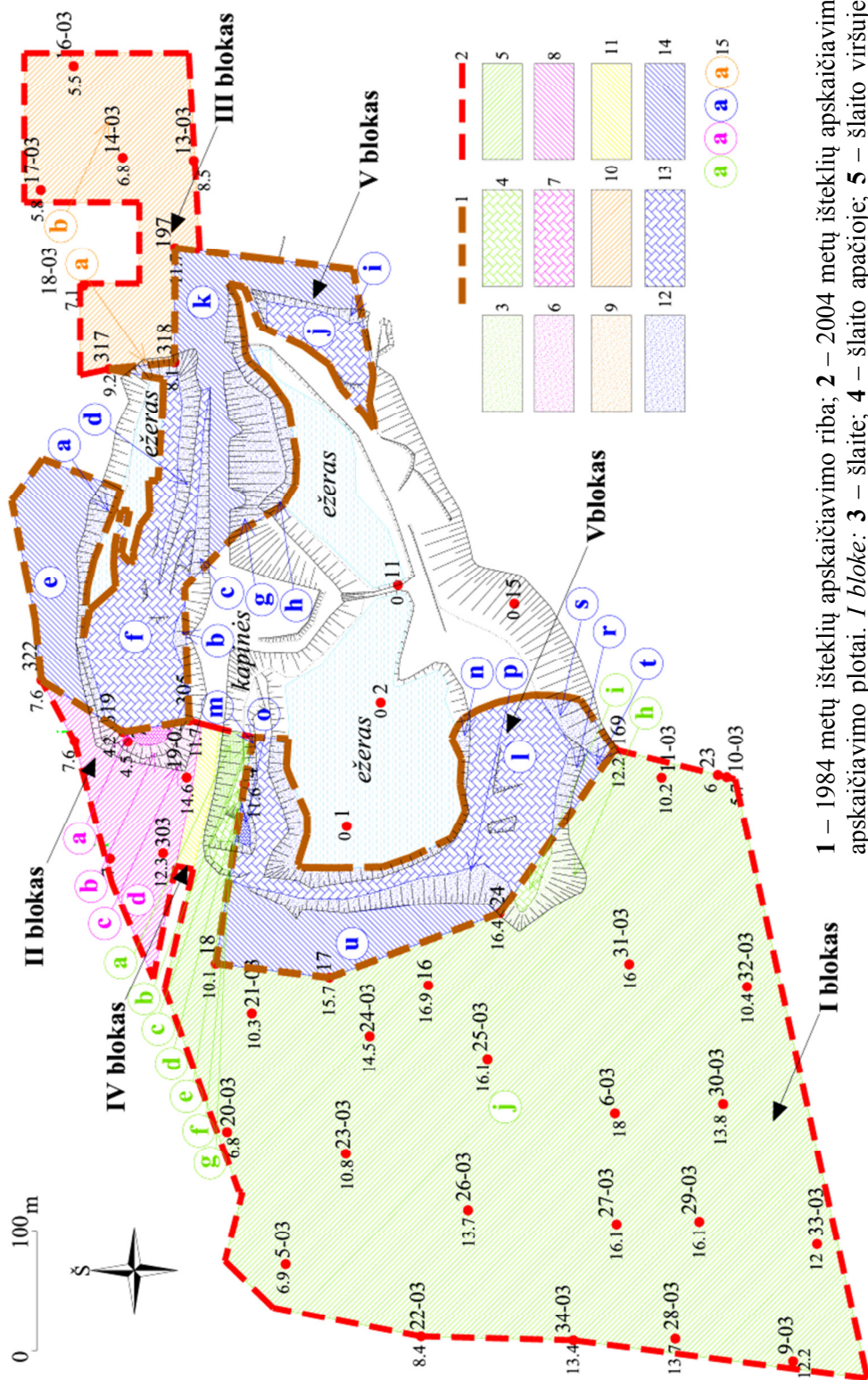




A – naudingo kledo kraigo paviršius; B – 2007 metais likusio naudingo kledo paviršius;  
 C – naudingo kledo aslos paviršius; D – naudingo kledo storio 3D vaizdas.

**65 pav.** Selmoniškiu fluvio-glacialinės deltos žvvro telkinio išteklių apskaičiavimas GRID metodu





1 – 1984 metų išteklių apskaičiavimo riba; 2 – 2004 metų išteklių apskaičiavimo riba. Išteklių apskaičiavimo plotai. *I bloke:* 3 – šlaite; 4 – šlaito apačioje; 5 – šlaito viršuje; *II bloke:* 6 – šlaite; 7 – šlaito apačioje; 8 – šlaito viršuje; *III bloke:* 9 – šlaite; 10 – šlaito viršuje; *IV bloke:* 11 – šlaito viršuje; *V bloke:* 12 – šlaite; 13 – šlaito apačioje; 14 – šlaito viršuje; 15 – subbloku numeriai.

66 pav. Kušlėnų ozo žvyro ir smėlio telkinio išteklių apskaičiavimas bloku metodu

**10 lentelė.** Kušlėnų ozo žvyro ir smėlio telkinio išteklių II bloke apskaičiavimas blokų metodu

Subbloko Nr.	Plotas, m <sup>2</sup>	Vid. storis, m	Tūris, m <sup>3</sup>
<i>a</i>	475	4.2	1996
<i>b</i>	925	6.0	5549
<i>c</i>	1194	7.0	8297
<i>d</i>	10791	10.6	114379
<b>Viso</b>	<b>13384</b>		<b>130220</b>

**11 lentelė.** Kušlėnų ozo žvyro ir smėlio telkinio išteklių apskaičiavimas blokų metodu

Bloko Nr.	Plotas, m <sup>2</sup>	Vid. storis, m	Tūris, m <sup>3</sup>
I	196645	12.8	2513126
II	13384	9.7	130220
III	25947	7.8	203332
IV	1945	14.9	29019
V	100271	8.7	868188
<b>Viso</b>			<b>3743886</b>

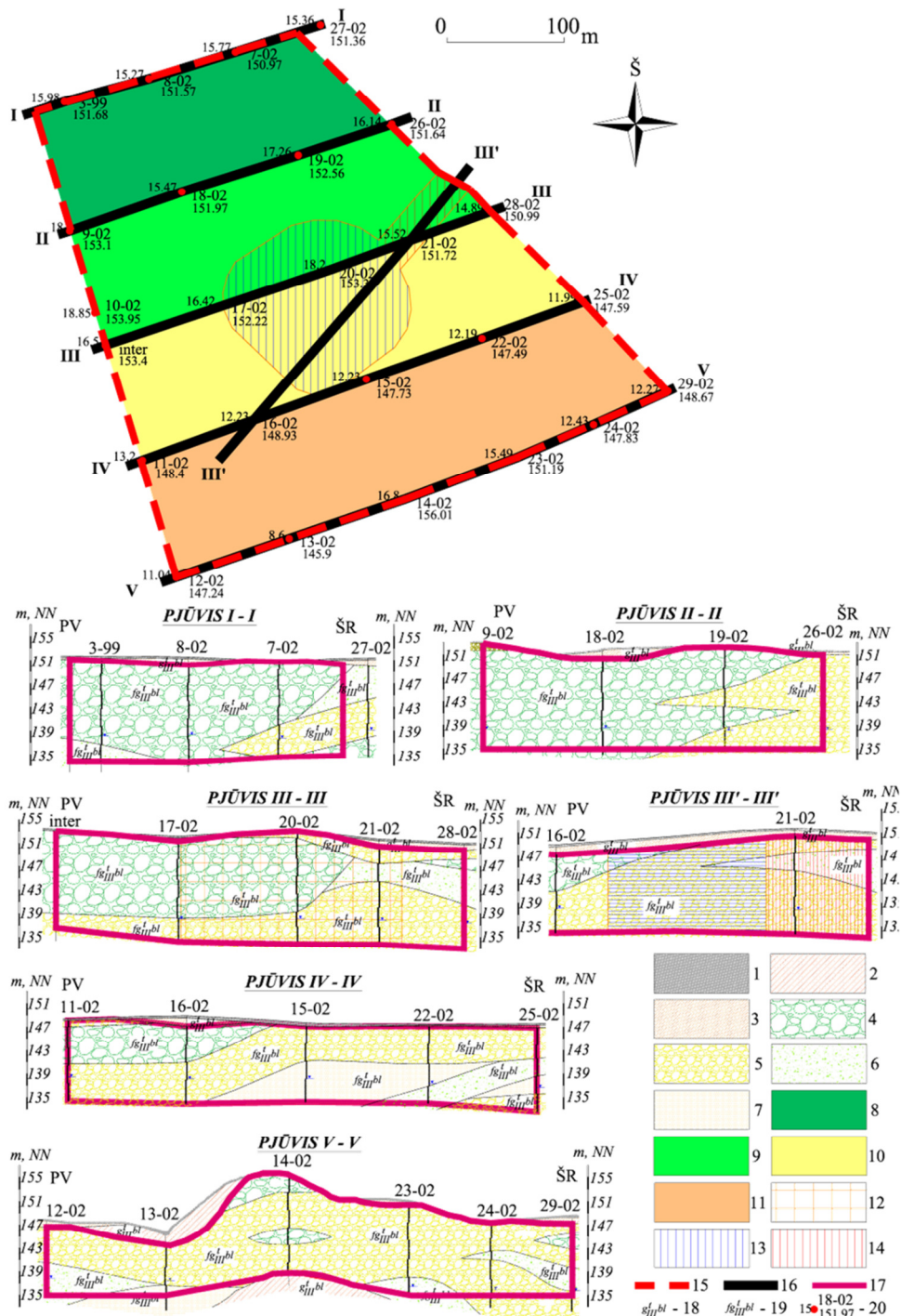
Pjūvių metodo taikymo trūkumas tame, kad naudojant jį, telkinio išžvalgymas turi būti atliktas gręžiniais išdėstytais tiesiomis linijomis. Praktikoje tai yra sunkiai pasiekama, ypač sudėtingos sandaros ir raižyto reljefo telkiniuose. Kitas šio metodo trūkumas, tai nepakankamas kiekis duomenų, patikimų pjūvių sudarymui. Dažnai sudarytų pjūvių patikimumas priklauso nuo geologo kompetencijos ir intuicijos. Be to, gali pasitaikyti klaidos, kai nėra įvertinamas naudingosios iškasenos klodo polinkis. Tikslūs skaičiavimo rezultatai gaunami tik tuo atveju, jeigu pjūvių linijos yra statmenos naudingosios iškasenos klodo slūgsojimui. Tai patvirtina šiame darbe gauti rezultatai. Išteklių apskaičiavimui pjūvių metodu kiekviename tirtame telkinyje buvo sudaryti vertikalūs geologiniai-litologiniai pjūviai, išdėstyti vienas nuo kito beveik lygiagrečiai ir panašiu atstumu (67 pav.). Atlikti tyrimai parodė, kad esant pakankamam duomenų kiekiui ir gręžinių išsidėstymui tiesiose linijose, rezultatų patikimumas įvairiuose genetinių tipų telkiniuose yra panašus (8 lentelė). Šis metodas negali būti rekomenduojamas, kai gręžinių kiekis yra nepakankamas, jų išdėstymas yra ne tiesiose linijose ir norint sudaryti pjūvius tenka dirbtinai projektuoti duomenis. Ypač tai aktualu, kai telkinys yra sudėtingos sandaros. Tai gerai iliustruoja pateikti Sandrupio eolinių darinių ir Bogušiškių II keimų žvyro telkinio 2 sklypo išteklių apskaičiavimo pjūvio metodu pavyzdžiai (64, 67 pav., 12 - 13 lentelės). Sandrupio telkinio sandaros sudėtingumas ir su tuo susijęs išteklių apskaičiavimo sunkumas aprašytas aukščiau. Bogušiškių telkinio 2 sklypo paviršius yra stambiai banguota

---

didelės teigiamos makroformos pakiluma, žemėjanti į pietryčius. Pačiame pietiniame pakraštyje ryškiai išsiskiria stambi izometriška kalva (Basalykas A., 1965). Santykiniai peraukštėjimai čia iki 8-10 m, o absoliutiniai aukščiai kinta tarp 144,95-156,63 m NN. Išteklių apskaičiavimą šiame telkinyje komplikavo tai, kad šio telkinio 2 sklypo centrinėje dalyje yra išsidėsčiusi sodyba, kurią numatoma palikti. Todėl sodybos ir jos apsauginės juostos užimame plote išteklius reikėjo apskaičiuoti atskirai ir minusuoti nuo bendrų išteklių, suteikiant jiems potencialiai vertingų išteklių kategoriją. Tam tikslui buvo sudarytas papildomas pjūvis III'-III' taip, kad jo išsidėstymas būtų kuo lygiagretesnis sodybos ir jos apsauginės juostos plotui. Tačiau sodybos plotas nėra tiksli geometrinė figūra, ir išteklių apskaičiavimas pjūvių metodu šiuo atveju sudaro dideles paklaidas.

Taikant išteklių apskaičiavimui izolinių metodą, vidutinis tyrimui atrinktų įvairių genetinių tipų telkiniuose skirtumas nuo GRID metodo, lyginant su kitais šiame darbe naudojamais išteklių apskaičiavimo metodais, yra mažiausias ir neviršija 3 procentų. Skaičiuojant išteklius šiuo metodu turi būti sudarytas naudingojo klodo storių izolinių žemėlapis, kuriame yra apmatuojamas kiekvienos izolinijos užimamas plotas (68 pav., 14 – 15 lentelės). Esant banguotam paviršiui, kuriame išskiriamos įdubos ir pakilumos, jos turi būti vertinamos atskirai. Kai ištekliai buvo skaičiuojami nenaudojant kompiuterinės technikos, izolinių išbraižymas ir jų plotų matavimas buvo sudėtingas procesas, todėl šis skaičiavimo metodas netapo plačiai naudojamu. Vystantis kompiuterinėms technologijoms, atsirado galimybė braižyti izolinijas kompiuteriniu būdu bei izolinių apibrėžtų plotų matavimui naudoti programinę įrangą. Lietuvos rinkoje viena iš pirmųjų programinių įrangų naudojamų šiam tikslui buvo Geomap, sukurta Autodesk pagrindu. Išteklių apskaičiavimas gavybai dažnai vykdomas iki tam tikro horizonto, dažnai apribojamo gruntinio vandens vidutiniu lygiu. Tokiu atveju naudingosios iškasenos asla būna gana lygi, o sudarant naudingojo klodo storių izolinių žemėlapi, panaudojant topografinį pagrindą, yra įvertinama reljefo kaita, todėl gauti skaičiavimo rezultatai yra gana patikimi. Šiuo metodo trūkumas pasireiškia tuo, kad kiekvienos izolinijos ploto apmatavimas yra daug darbo reikalaujantis procesas. Be to, padarius klaidą, sudarant izolinių žemėlapi, visą skaičiavimo procesą reikia kartoti iš naujo. Dar vienas trūkumas yra išteklių apskaitos kontrolės sudėtingumas, nes atliekant patikrinimą kiekvienos izolinijos užimamas plotas turi būti matuojamas iš naujo.



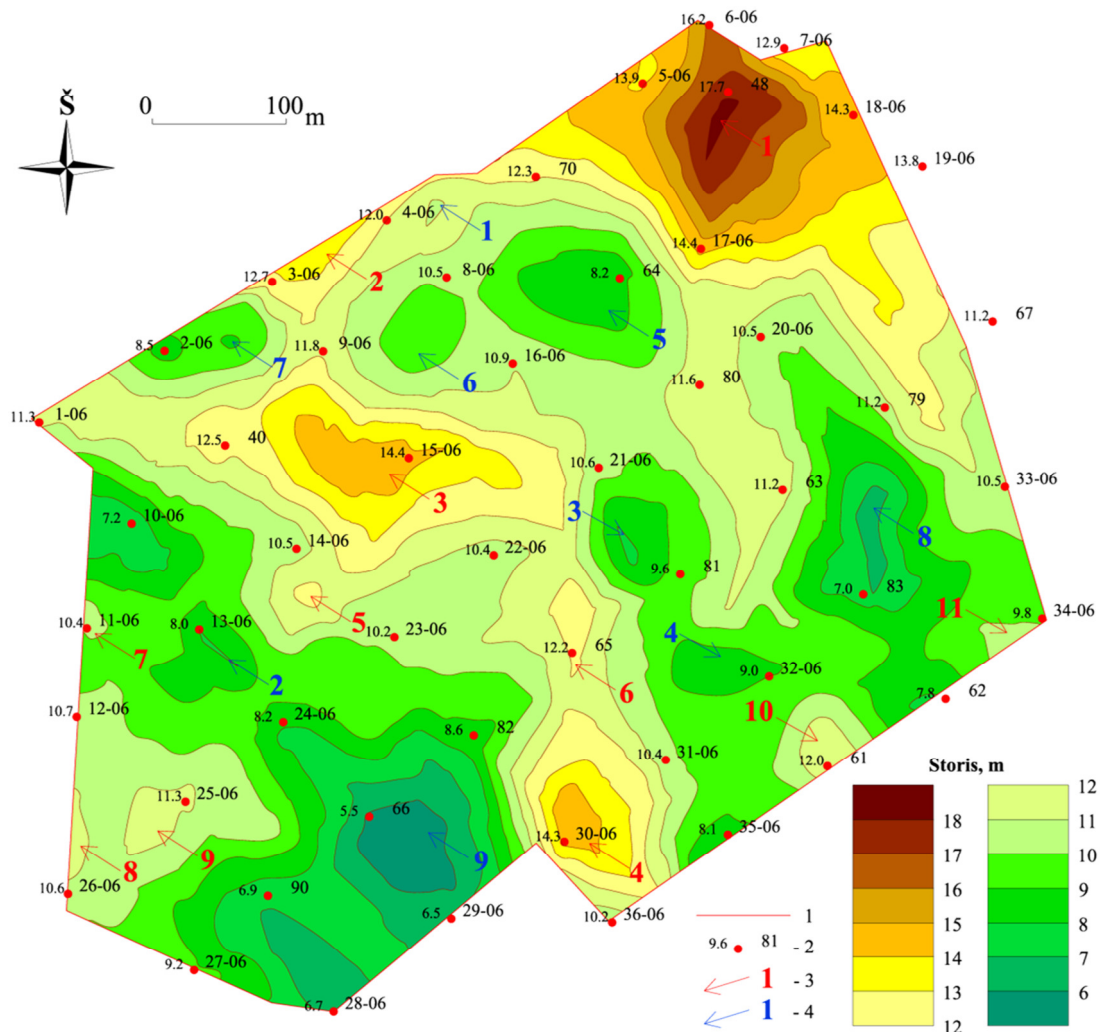


Litologiniai ženklai: 1 – dirvožemis; 2 – priemolis; 3 – priesmėlis; 4 – žvyras, kuriame frakcijos rupesnės už 5 mm yra daugiau 20 %; 5 – žvyras, kuriame frakcijos rupesnės už 5 mm yra 10 – 20 %; 6 – žvirgždingas smėlis; 7 – smulkus smėlis. Išteklių apskaičiavimo plotai horizontalioje projekcijoje: 8 – plotas tarp I ir II pjūvio; 9 – plotas tarp II ir III pjūvio; 10 – plotas tarp III ir IV pjūvio; 11 – plotas tarp IV ir V pjūvio. 12 – sodybos užimamas plotas; 13 – išteklių apskaičiavimo sodybos užimame plote 1 blokas; 14 – išteklių apskaičiavimo sodybos užimame plote 2 blokas; 15 – išteklių apskaičiavimo kontūras; 16 – geologinio-litologinio pjūvio linija; 17 – išteklių apskaičiavimo plotas vertikaloje projekcijoje. Stratigrafiniai – genetiniai ženklai: 18 – viršutinio pleistoceno Baltijos posvitės kraštinių darinių glacigeninės nuogulos; 19 – viršutinio pleistoceno Baltijos posvitės kraštinių darinių fliuvioglacialinės nuogulos. 20 – grėžinys, dešinėje viršuje grėžinio numeris, dešinėje apačioje - paviršiaus altitudė (mNN), kairėje - naudingo klodo storis (m).

**67 pav.** Bogušiškių II keimų žvyro telkinio 2 sklypo išteklių apskaičiavimas pjūvių metodu

**12 lentelė.** Vidutinio atstojamojo atstumo tarp Bogušiškių II keimų žvyro telkinio 2 sklypo pjūvių apskaičiavimas

Blokas	Pjūvių Nr.	Plotas, m <sup>2</sup>	Pjūvio Nr.	Pjūvio ilgis, m	Vidutinis atstumas, m
1	I-I, II-II	26307	I-I	233	101.1
			II-II	287	
2	II-II, III-III	32090	II-II	287	101.1
			III-III	348	
3	III-III, IV-IV	37454	III-III	348	100.2
			IV-IV	400	
4	IV-IV, V-V	44325	IV-IV	400	104.6
			V-V	448	



1 – išteklių apskaičiavimo kontūras; 2 – gręžinys, dešinėje gręžinio numeris, kairėje - naudingo kredo storis (m); 3 – esamo naudingo kredo skaičiavimo masyvų teigiamų formų viršūnių numeriai; 4 – esamo naudingo kredo skaičiavimo masyvų neigiamų formų viršūnių numeriai.

**68 pav.** Šklėrių zandro žvyro ir smėlio telkinio išteklių apskaičiavimas izolinijų metodu

**13 lentelė.** Bogušiškių II keimų žvyro telkinio 2 sklypo išteklių apskaičiavimas pjūvių metodu

Blokas	Pjūvių Nr.	S <sub>pr1</sub> , m <sup>2</sup>	S <sub>pr2</sub> , m <sup>2</sup>	Vidutinis atstumas, m	Tūris, m <sup>3</sup>
<i>Visame išteklių apskaičiavimo kontūre</i>					
1	I-I, II-II	3866	4774	101.1	436824
2	II-II, III-III	4774	6097	101.1	549402
3	III-III, IV-IV	6097	5376	100.2	574830
4	IV-IV, V-V	5376	5819	104.6	281167
<b>Viso, m<sup>3</sup></b>					<b>1842222</b>
<i>Sodybos ir jos apsaugos juostoje užimame plote</i>					
1	III'-III'		1985	132.4	262931
2	III'-III'		1451	30.1	43623
<b>Viso, m<sup>3</sup></b>					<b>306554</b>
<b>Visas tūris, atmetus po sodybą esančius išteklius, m<sup>3</sup></b>					<b>1535668</b>

**14 lentelė.** Šklėrių zandro žvyro ir smėlio telkinio vienodo storio izolinijų apribotų plotų apskaičiavimo schema

Storis, m	Storių izogipsių plotas, m <sup>2</sup>	
	storių pakilumos ir jų viršūnių Nr.	storių įdubos ir jų viršūnių Nr.
	<b>1</b>	
18	430	
17	3682	
16	8441	
15	13944	
14	23784	<b>3, 4</b> 4779
13	32341	<b>2</b> 970 <b>5, 6</b> 15161
12	46050	31741 1633
11	133566	<b>7</b> 2390 <b>8, 9</b> 1194 <b>10</b> <b>11</b> 150
10	208830	360 15568 3271 636
9	302111	<b>2, 3</b> 6255 <b>4</b> 2420 <b>5</b> 10747 <b>6</b> 3022 <b>7</b> 109
8	332044	273 <b>8</b> 5373
7	347273	1085 <b>9</b>
6 - 0	360646	3758

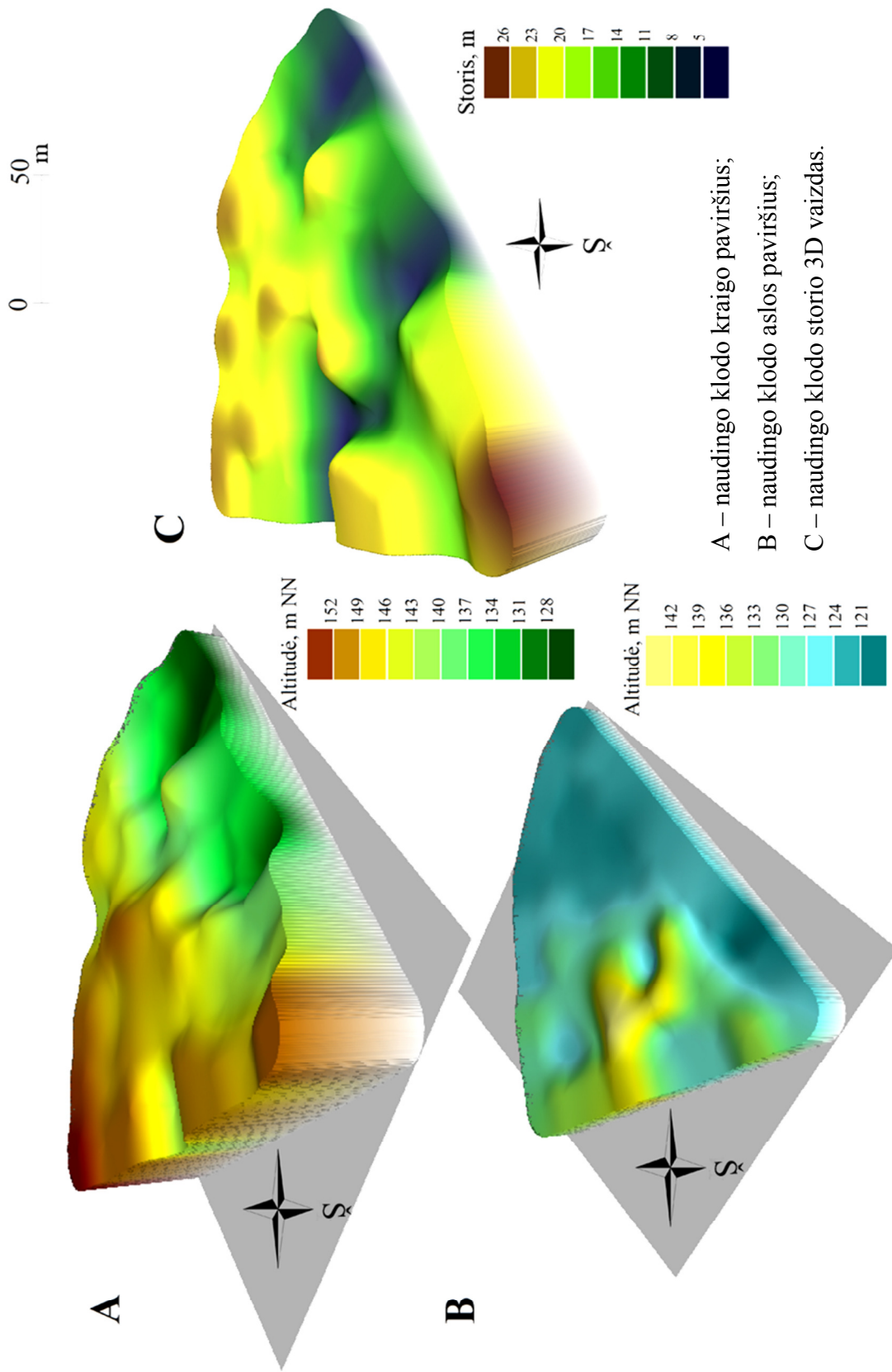
Paskutinis metodas, kuris buvo naudojamas išteklių apskaičiavimui šiame darbe yra GRID (tinklelis), sukurtas trikampių metodo pagrindu GIS aplinkoje. Jo esmė tame, kad visas telkinys yra skaidomas į įstrižai nupjautas prizmes, viršutinis ir apatinis jų pagrindai yra trikampiai, kurių viršūnės yra gręžiniai. Šoninės prizmių briaunos yra apsprendžiamos naudingosios iškasenos storiu gręžiniuose. Išteklių kiekis skaičiuojamas kiekvienai prizmei atskirai pagal geometrines formules. Susumavus visose išskirtose prizmėse tūrius, gaunamas bendras viso telkinio tūris. Nors šis metodas yra seniai žinomas, jis nebuvo naudojamas visų pirmą dėl to, kad trikampius reikia išbraižyti grafiškai, vadovaujantis tam tikromis sąlygomis, o antra kiekvieno gręžinio duomenys skaičiavimuose naudojami mažiausiai tris kartus, kas



---

apsunkina skaičiavimus ir reikalauja didesnės darbo apimties. Be to, tokiu būdu apskaičiuotų išteklių rezultatai nebuvo labai patikimi, kadangi taikant šį metodą išteklių apskaitai nekompiuteriniu būdu, buvo naudojami tik grėžinių duomenys, neatsižvelgiant į reljefo kaitą. Vystantis kompiuterinėms technologijoms šis metodas buvo perkeltas į GIS aplinką ir įgavo GRID (tinklelio) pavadinimą. Jo panaudojimas GIS aplinkoje yra patobulintas. Čia yra naudojami ne tik grėžinių duomenys, bet ir topografinis pagrindas. Tokiu būdu yra įvertinamas reljefo sudėtingumas. Tūrių skaičiavimui naudojant šį metodą dažniausiai sudaromi naudingojo klodo kraigo ir aslos paviršiai (66 pav). Tūris, esantis tarp šių dviejų paviršių, sudaro naudingosios iškasenos tūrį. Tūrių apskaičiavimui abu šie paviršiai yra perdengiami tinkleliu, sudarytu iš celių, išdėstytų į eilutes bei stulpelius pagal laisvai užduodamus parametrus (celių dydžius pagal x ir y). Kiekvienai tinklelio celei (tinklelio celės kampuose) automatiškai pagal sudarytų paviršių duomenis apskaičiuojamas naudingosios iškasenos storis. Kiekvienoje celėje gaunamas paviršius dalinamas į dvi trikampes prizmes. Tūris yra apskaičiuojamas automatiškai kiekvienai trikampių celei atskirai bei susumuojamas. Tiksliausiai ištekliai apskaičiuojami tada, kai tinklelio tankumas yra mažesnis negu vidutinis paviršiaus duomenų pasiskirstymo kiekis. Tačiau ir šis metodas turi trūkumą, nes jeigu nors vienas prizmės kampas iškrenta iš paviršiaus ribų visa prizmė yra pašalinama iš skaičiavimų. Kadangi skaičiavimuose stengiamasi celių dydį parinkti kuo mažesni, tai šis trūkumas nesudaro didelių paklaidų. Privalumas naudojant šį metodą tas, kad paviršiai išlieka aktyvūs visą laiką, todėl pakitus vieno iš jų reikšmėms, automatiškai perskaičiuojamas ir pasikeitęs tūris. Tai svarbu pradėjus gavybos darbus, kadangi suteikia galimybę stebėti išteklių kaitą (skaičiuoti išteklių gavybos apimtį ir likutį pagal tuos pačius principus) (65 pav.). Tuo būdu, šis telkinio išteklių apskaičiavimo planas tampa dinamišku išteklių apskaičiavimo modeliu.

Apibendrinti šio skyriaus darbo rezultatai visų atrinktų genetinių tipų telkiniuose yra pateikti 16 lentelėje. Įvairių metodų palyginimui tarpusavyje, kaip minėta anksčiau, buvo apskaičiuotas skirtumas, procentais nuo GRID metodo. Tačiau tai nereiškia, kad šis metodas yra tobuliausias, tiesiog jis yra naudojamas kompiuterinėse programinėse įrangose, žymiai palengvina išteklių apskaitą, o naudojant jį išteklių storio modelių sudarymui, sukurtas modelis ilgainiui tampa ne tik 3D, o 4D modeliu.



A – naudingo klogo kraigo paviršius;  
 B – naudingo klogo aslos paviršius;  
 C – naudingo klogo storio 3D vaizdas.

**69 pav.** Sniegių kraštinių fluvioglaciacinių gūbrių žvyro telkinio išteklių apskaičiavimas GRID metodu

**15 lentelė.** Šklėrių zandro žvyro ir smėlio telkinio išteklių apskaičiavimas vienodo storio izolinijų metodu

Viršūnės Nr.	Plotas, m <sup>2</sup>			Tūris, m <sup>3</sup>
	Apribotas viršutine izolinija	Apribotas apatine izolinija	Neperdengta dalis	
<b>Storių izolinijų pakilumos</b>				
<b>1</b>		430	430	215
	430	3682	3253	2056
	3682	8441	4759	6062
	8441	13944	5503	11193
	13944	23784	9840	18864
	23784	32341	8556	28063
<b>2 - 11</b>				3807945
<b>Viso</b>				<b>3874397</b>
<b>Storių izolinijų įdubos</b>				
<b>1</b>		150	150	75
<b>2</b>		273	273	137
	273	6255	5982	3264
<b>4</b>		2420	2420	1210
<b>5</b>		3894	3894	1947
	3894	10747	6853	7320
<b>6</b>		3022	3022	1511
<b>7</b>		109	109	55
<b>8</b>		1085	1085	543
	1085	5373	4287	3229
<b>9</b>		3758	3758	1879
<b>Viso</b>				<b>21169</b>
<b>Viso telkinyje</b>				<b>3853228</b>

Pastaba: storis neperdengtoje juostoje 0.5 m, perdengtoje 1 m; nuo 2 iki 11 storių pakilumų viršūnių pateiktas bendras tūris.

16 lentelė. Išteklių apskaičiavimo rezultatai skirtingų genetinių potipių telkiniuose

Skaičiavimo metodas	Tūris, m <sup>3</sup>	Skirtumas, %	Plotas, m <sup>2</sup>
<i>Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinys (ozas)</i>			
GRID	3710993	100	237920
Izolinių	3819000	3	
Pjūvių	3845354	4	
Blokų	3743886	1	
<i>Bogušiškių II žvyro telkinys I sklypas (keimai)</i>			
GRID	475692	100	34878
Izolinių	486110	2	
Pjūvių	516243	9	
Blokų	489586	3	
<i>Bogušiškių II žvyro telkinys II sklypas (keimai)</i>			
GRID	1711310	100	120638
Izolinių	1740017	2	
Pjūvių	1535668	-10	
Blokų	1756293	3	
<i>Bogušiškių II žvyro telkinys III sklypas (keimai)</i>			
GRID	367000	100	25783
Izolinių	372153	1	
Pjūvių	380533	4	
Blokų	366817	-0.05	
<i>Sandrupio smėlio telkinys (eolinis)</i>			
GRID	17047220	100	952923
Izolinių	17291870	1	
Pjūvių	13901375	-18	
Blokų	18345216	8	
<i>Šklėrių žvyro ir smėlio telkinys (zandras)</i>			
GRID	3823000	100	360646
Izolinių	3853228	1	
Pjūvių	4025998	5	
Blokų	3858911	1	
<i>Sniegių žvyro telkinys (kraštiniai fliuvioglacialiniai gūbriai)</i>			
GRID	4969000	100	318687
Izolinių	4975782	0.1	
Pjūvių	4795627	-3	
Blokų	4867091	-2	
<i>Selmoniškių žvyro telkinys (fliuvioglacialinė delta)</i>			
GRID	786000	100	94036
Izolinių	761916	-3	
Pjūvių	770945	-2	
Blokų	697080	-11	

---

#### **1.4. DINAMINIŲ NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ IŠTEKLIŲ MODELIŲ ĮDIEGIMO ŽEMĖS GELMIŲ REGISTRE, VALSTYBINIO VALDYMO IR KONTROLĖS INSTITUCIJOSE ANALIZĖ**

Įdiegus dinامينius naudingųjų iškasenų išteklių modelius žemės gelmių registre, būtų užtikrintas patikimesnis išteklių valdymas ir kontrolė. Sukūrus skirtingų registrų tarpusavyje apsikeitimo modulį, skirtingos institucijos, turinčios tam tikrus interesus naudingųjų iškasenų srityje, galėtų lengvai pasinaudoti šiais dinaminiais modeliais ir priimti savo sprendimus jų sferoje. Pavyzdžiui teritorijų planavimo specialistai galėtų juos naudoti analizuojant teritorijų plėtrą ir vystymosi tendencijas, aplinkosaugininkai vertinant pažeistas teritorijas ir kt.

2008 m. sausio 15 d. valstybės kontrolės 2-ojo audito departamento direktorė Zita Valatkienė išleido pavedimą Nr. P2-20-3 atlikti valstybinį auditą žemės gelmių naudojimo srityje. Audito ataskaita buvo paruošta 2009 m. gegužės 28 d., ataskaitos Nr. VA-P2-20-3-11.

Auditoriai nustatė, kad Lietuvoje nėra bendros šio valstybinio turto naudojimo strategijos (išskyrus požeminio vandens), todėl neįmanoma tinkamai spręsti valstybei aktualių problemų:

- ⇒ organizuoti tausojantį žemės gelmių išteklių naudojimą, atsižvelgus į esamos ir būsimų žmonių kartų interesus;
- ⇒ įvykdyti ES reikalavimus apsirūpinti žaliavomis iš savų šaltinių;
- ⇒ optimizuoti mokesčius už žemės gelmių išteklius;
- ⇒ suderinti viešuosius ir privačius interesus, naudojant žemės gelmių išteklius;
- ⇒ vykdyti teritorijų planavimo darbus, kad valstybei būtų užtikrintas priėjimas prie jai priklausančių žemės išteklių, pasibaigus gavybai rekultivuoti pažeistas teritorijas, aprūpinti šiuos darbus finansiniais ištekliais;
- ⇒ panaudoti nenaudojamų ar menkai naudojamų naudingųjų iškasenų ekonominį potencialą ir taip sumažinti statybinių medžiagų importą bei padidinti jų eksportą, kurti Lietuvoje naujas darbo vietas;
- ⇒ suderinti naudingųjų iškasenų gavybą su aplinkos apsauga.

Su Lietuvos žemės gelmių išteklių naudojimo reguliavimu įvairiais aspektais susiję daugiau kaip 100 teisės aktų, iš kurių svarbiausias – LR žemės gelmių įstatymas. Įstatymu įteisinta išimtinė Lietuvos valstybės nuosavybė į žemės gelmes sausumoje ir vidaus vandenyse, kontinentiniame šelfe ir ekonominėje Baltijos jūros

---

zonoje, taip pat prievolė užtikrinti žemės gelmių išteklių naudojimo galimybę ateityje. Tačiau praktikoje šiai dienai žemės gelmių išteklių yra neapsaugoti. Specialiose žemės ir miško naudojimo sąlygose yra numatyta, kad: "101. Išžvalgytuose naudingųjų iškasenų telkiniuose, kurių išteklių patvirtinti, ir prie jų esančiuose perspektyviuose naudingųjų iškasenų plotuose žemės savininkui, naudotojui draudžiama:

*101.1. statyti gyvenamuosius namus, gamybinius statinius, įrenginius;*

*101.2. kasti naudingąsias iškasenas, išskyrus kasamas savo reikmėms."*<sup>11</sup>

Šiose sąlygose yra įtvirtinta nuostata, kad nebūtų kasami patvirtinti išteklių, tačiau nėra numatyta patvirtintų naudingųjų iškasenų telkinių apsaugos zona. Kitame teisės akte - Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2004-08-19 d. įsakymu Nr. V-586 patvirtintose sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklėse yra nurodyta, kad kai neatliekamas poveikio visuomenės sveikatai vertinimas žvyro, smėlio telkiniams yra numatoma 300 m sanitarinė apsaugos zona, durpių telkiniams - 500 m. Tokiu atstumu nuo telkinio būna daug privačių žemės sklypų. Nustatant sanitarinę apsaugos zoną, visiems į ją patenkantiems sklypams pradeda galioti sanitarinės apsaugos zonos tvarkymo režimas, nurodytas šiose taisyklėse VIII skyriuje 46 punkte "SAZ teritorijoje negali būti statomi gyvenamieji namai, viešbučiai ar kiti trumpalaikio apgyvendinimo pastatai, švietimo, sveikatos priežiūros ir slaugos įstaigos, neturi būti įrengiamos vandenvietės, kurioms turi būti nustatytos sanitarinės apsaugos juostos, taip pat rekreacijos teritorijos ir pramoginių renginių atviri ar uždari statiniai."<sup>12</sup> Sanitarinė apsaugos zona nustatoma rengiant bendruosius, specialiuosius bei detaliuosius planus. Praktikoje bendruose ir specialiuose planuose jų nebūna, o rengiant detaliuosius planus susiduriama su didžiule problema analizuojant sanitarinės apsaugos zonos būtinumą ir, reikalui esant, jos įteisinimą, kadangi detalieji planai pagal teritorijų planavimo įstatymą negali prieštarauti bendriesiems planams. Jeigu bendrajame plane nebuvo numatyta naudingųjų iškasenų teritoriją, tai rengiant detalų planą įteisinti ją neįmanoma. Naudingųjų iškasenų teritorija pagal žemės sklypų pagrindinės tikslinės žemės naudojimo paskirties, būdų ir pobūdžių specifikaciją tai "žemės sklypai, naudojami naudingųjų iškasenų, slūgsančiu arti žemės paviršiaus, gavybos ir kasybos atliekų

---

<sup>11</sup> LR Vyriausybės 1992-05-12 nutarimas Nr. 343 „Specialiosios žemės ir miško naudojimo sąlygos“;

<sup>12</sup> LR sveikatos apsaugos ministro 2004-08-19 d. įsakymas Nr. V-586 „Dėl Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklių patvirtinimo“.



---

*įrenginiams arba žemės sklypai, kuriuose yra esami ar numatomi įrengti naudingųjų iškasenų, slūgsančiu gilesniuose žemės gelmių sluoksniuose, gamybos proceso aptarnavimui ir išgautų naudingųjų iškasenų sandėliavimui".* Projektuojant naudingųjų iškasenų telkinius, vadovaujantis racionalaus išteklių naudojimo strategija, reikia numatyti kuo mažesnius naudingųjų iškasenų nuostolius. Vienas iš būdų - nepalikti naudingosios iškasenos nuostolių nejudinamose telkinio pakraščio juostose, kai yra didesnis žemės sklypas už išskirtą kasybos sklypą. Taip pat tinkamai suprojektuoti dangos sandėliavimą. Tačiau tai yra sunkiai įgyvendinama praktikoje net ir turint didesnę žemės sklypą, kadangi bendruose planuose būna užfiksuoti tik išvalgytų išteklių kontūrai, reiškia keisti paskirtį ir atlikti telkinių projektavimo darbus galima tik išžvalgytų kontūrų ribose. Juose, pagal detaliuosius planus tvirtinančių vyriausybės įgaliotų institucijų atstovų nuomonę, reikia numatyti, reikalui esant, ir sanitarinę apsaugos zoną, ir kasybos atliekų įrenginius, ką įgyvendinus ne tik nuostoliai užauga, bet kartais nelieka ir ką eksploatuoti. Problema glūdi bendrųjų planų rengime ir derinime. Specialistai tvirtina, kad jie neturi pakankamai informacijos apie naudingųjų iškasenų telkinius, kad galėtų tinkamai paruošti bendruosius planus šiuo aspektu, vyriausybės institucijos derinančios, tikrinančios ir tvirtinančios šiuos planus, savo ruožtu, irgi dažnai nuogąstauja dėl informacijos trūkumo. Rezultate išžvalgytų ir patvirtintų naudingųjų iškasenų išteklių plotuose būna numatytos gyvenamųjų namų, pramonės įmonių, rekreacijos zonų teritorijos. Įgyvendinus šiuos planus ištekliai tampa palaidoti ir neprieinami.

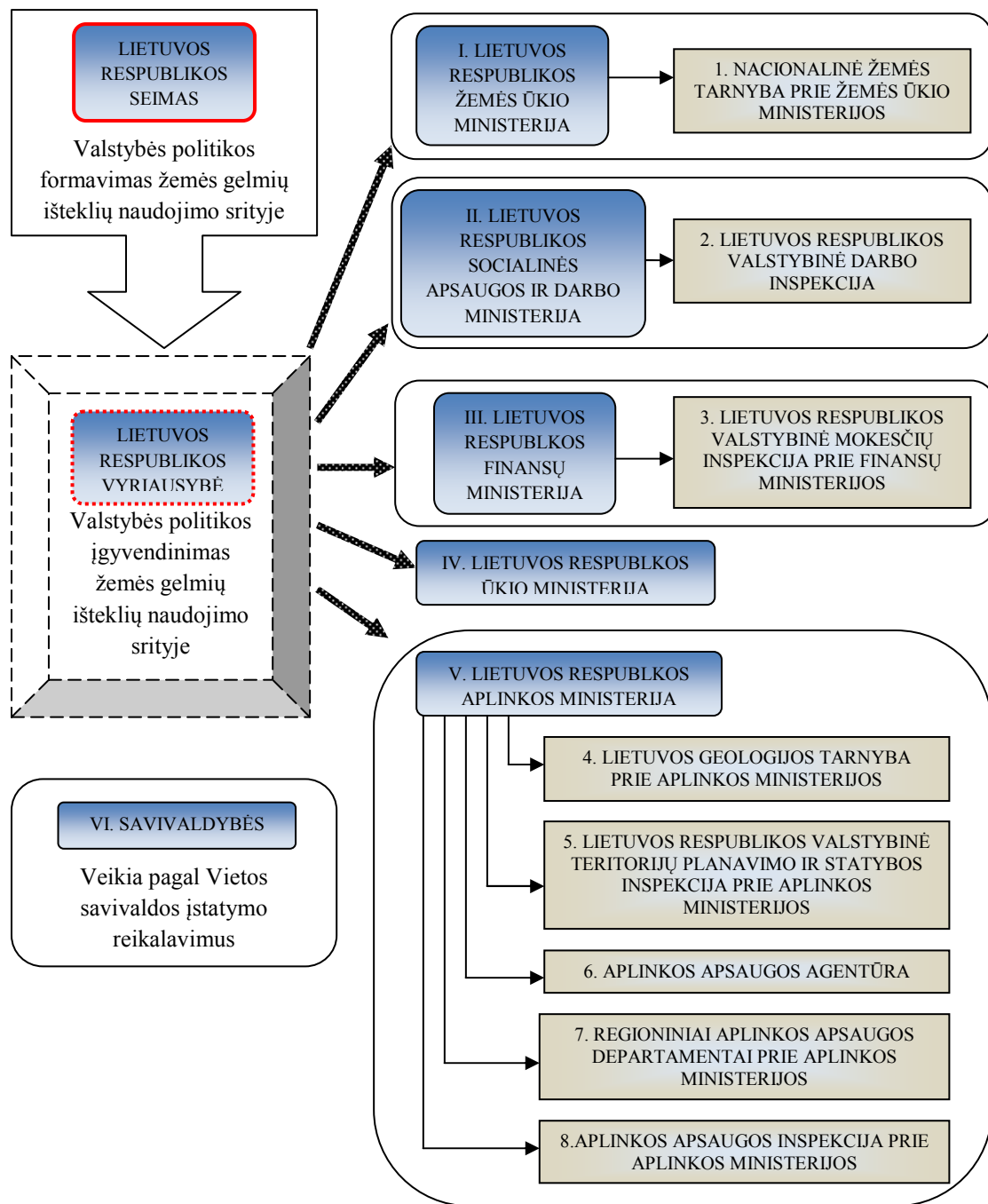
Žemės gelmių išteklių naudojimo procese veikia daugiau kaip 8 valstybės institucijos ir visos savivaldybės.

Buvusioji Pramonės ir prekybos ministerija kartu su kitų ministerijų specialistais, mokslininkais ir privataus verslo specialistais dar 1994 metai buvo parengusi Žemės gelmių naudojimo programą, kuriai pritarė Vyriausybė<sup>13</sup>. Taip buvo pradėtas formuoti strateginis, kompleksiškas požiūris į žemės gelmių naudojimą. Šioje programoje buvo numatyta naudingųjų iškasenų ir kitų vertingų žemės gelmių išteklių naudojimo strategija, pagrįsti būtini darbai, kuriuos atlikus, šis turtas turėjo duoti didžiausią ekonominę ir socialinę naudą. Minėtoje programoje buvo nurodytos ir problemos, kurios, beje, neišspręstos iki šiol. Jų neišsprendus, kyla sunkumų užtikrinant racionalų Lietuvos žemės gelmių išteklių naudojimą. Ši programa ir jos

---

<sup>13</sup> Lietuvos Respublikos Vyriausybės 1994-03-15 nutarimas Nr. 169 „Dėl programos „Žemės gelmių įsisavinimas ir panaudojimas“ patvirtinimo

įgyvendinimas buvo analizuoti aukščiau minėto valstybinio audito žemės gelmių naudojimo srityje metu.



**70 pav.** Žemės gelmių išteklių naudojimo procese dalyvaujančių institucijų schema

Viena iš neišspręstų problemų yra ta, kad iki šiol nėra sukurta duomenų bazė, kurioje būtų kaupiama informacija apie:

- a) naudingųjų iškasenų kasybą, naudojimą, perdirbimą ir technologijas;
- b) reikalavimus potencialių Lietuvos žaliavų ir gaminių importuotojų žaliavoms ir produkcijai;

---

c) vietos žaliavų ir gaminių iš jų rinką, taip pat rinkos plėtros tendencijas.

Lietuvos Respublikos Seimas įpareigojo LR Vyriausybę iki 2007 m. liepos 1 d. parengti ir patvirtinti Gamtos išteklių tausojimo ir apsaugos programos įgyvendinimo priemonių planą 2007–2010 metams, organizuoti jo vykdymą, tačiau iki šiol toks priemonių planas nepatvirtintas. Tai didina riziką, kad žemės gelmių ištekliai gali būti naudojami neracionaliai ir deramai neskatinti šalies ekonomikos plėtros. Numačius konkrečių išteklių panaudojimą ir juos išsaugojus tam tikrose teritorijose, ateityje galėtų būti sumažintos pervežimo išlaidos, taigi ir išteklių kainos galutiniams vartotojams. Tai ypač aktualu eksploatuojant nerūdinių medžiagų ir durpių, skirtų energijos gamybai, telkinius. Lietuvos geologijos tarnybos duomenimis, žvyro kainoje transporto sąnaudos sudaro iki 50 %, todėl ir vyksta konkurencinė kova už telkinius, esančius kuo arčiau vartotojų, eksploatuojami net ir labai maži telkiniai. Visuomenės poreikiams tenkinti turėtų būti aiškiai apibrėžta galimybė prieiti prie išteklių telkinių visoje šalies teritorijoje. Tokią galimybę labiausiai riboja įvykę ir dabar vykstantys nuosavybės teisės į žemę atkūrimo, žemės pardavimo ir teritorijų planavimo procesai. Kalbant apie teritorijų planavimo procesą, viena iš problemų yra karjerų steigimo dokumentų tvarkymo trukmė bei procedūrų kiekis, ypač, kai naudingųjų iškasenų telkinys yra nedidelis ir gavyba jame vykdoma palyginti trumpą laikotarpį, per kurį tenka ne vieną kartą keisti žemės naudojimo paskirtį: gaunant leidimą eksploatuoti telkinį, gaunant leidimą rekultivuoti teritoriją ir kt. Galutinė žemės paskirtis, baigus gavybą, gali būti tik ta, kuri nurodyta karjerų rekultivavimo projekte. Biologinio rekultivavimo atlikti negalima, kol nebus vėl inicijuotas bendrojo teritorijos plano patikslinimas, o iškasto telkinio ploto paskirtis nebus pakeista iš naudingųjų iškasenų gavybos teritorijos į kitą – miškui, žemės ūkiui, statyboms, rekreacijai ar panašią teritoriją. Bendrojo plano sprendiniai sudaromi 10 metų laikotarpiui. Jo keitimai atliekami ta pačia tvarka kaip ir bendrojo plano sudarymas - tai yra ilgas ir sudėtingas procesas. Pavyzdžiui, šiuo metu yra vykdomas Klaipėdos rajono savivaldybės teritorijos bendrojo plano sprendinių keitimas, dėl kuriu sprendimas buvo priimtas dar 2007 metais<sup>14</sup>. Procesas trunka jau 3 metus. Pakeitus bendrojo plano sprendinius, sekantis etapas dokumentų tvarkyme norint užbaigti rekultivavimo darbus yra detalusis teritorijų planavimas, kuris irgi dažnai užtrunka. Gavybos įmonių patirtis rodo, kad žemės paskirties keitimui tenka skirti daug laiko ir

---

<sup>14</sup> Klaipėdos rajono savivaldybės tarybos 2007 m. vasario 22 d. sprendimas Nr. T11-75

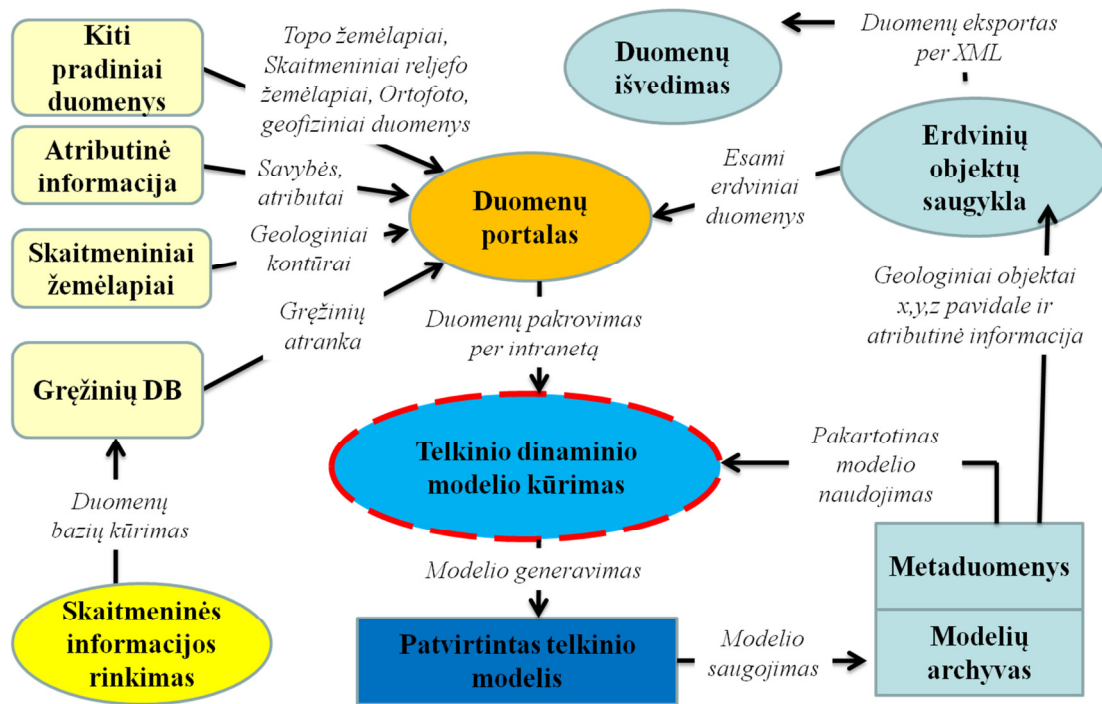
---

kitų išteklių, o daugkartinis žemės paskirties keitimas tampa nuo nieko neapsaugančia, tinkamos naudos neduodančia procedūra. Situacija teritorijų planavimo naudingųjų iškasenų srityje yra tragiška, kai tuo tarpu teritorijų planavimas turėtų būti vienas pirmųjų darbų išsaugant ar naudojant žemės gelmių išteklius. Nuo šių darbų atlikimo kokybės priklauso galimybės tinkamai naudoti žemės gelmių išteklius. Teritorijų planavimo dokumentuose turėtų būtų teisingai nurodyti visi naudingųjų iškasenų telkinių plotai, taip pat numatyta galimybė užtikrinti racionalų išteklių naudojimą, pagal galimybes sudarant visas priemones naudingųjų iškasenų nuostolių mažinimui. Pažymėjus žemės gelmių išteklių telkinius teritorijų planavimo dokumentuose, turėtų būti organizuota kontrolės sistema, kuri užtikrintų, kad į tai būtų neišvengiamai atsižvelgta visada, ypač rengiant žemesnio lygio teritorijų planavimo dokumentus. Bet viso to iki šiol nėra. Teritorijų planavimo proceso kontrolės riziką kelia tai, kad Lietuvos geologijos tarnyba tiesiogiai neišduoda planavimo sąlygų. Rengiant detaliuosius planus, kai planuojama veikla yra susijusi su žemės gelmių išteklių naudojimu, regionų aplinkos apsaugos departamentų prašymu Lietuvos geologijos tarnyba pateikia pasiūlymus dėl planavimo sąlygų, tačiau, jeigu veikla nesusijusi su žemės gelmių išteklių naudojimu į Lietuvos geologijos tarnybą dažniausiai niekas nesikreipia ir netikrina ar planuojama veikla nepažeis žemės gelmių. Praktikoje yra pastebėta daug atvejų, kai suformuoti žemės sklypai virš naudingųjų iškasenų telkinių, tačiau apribojimų, susijusių su naudingosiomis iškasenomis, jų dokumentuose nėra. Bendruose planuose numatytos gyvenamųjų namų statybos ir pramonės teritorijos, remiantis jais vykdomas atitinkamas procesas, tokiu būdu išteklius padarant visiškai neprieinamais. Taigi teritorijų planavimo dokumentų sprendiniai nesudaro sąlygų tinkamai naudoti arba išsaugoti Lietuvos žemės gelmių išteklius.

Didžioji dalis institucijų, vienaip ar kitaip kontroliuojančių žemės gelmių išteklių naudojimą, yra pavaldžios Aplinkos ministerijai, tačiau priklausomumas tai pačiai žinybai, vis tik neužtikrina kontrolės proceso veiksmingumo, kadangi trūksta būtinos informacijos žemės gelmių išteklių naudojimo kontrolės analizei ir valdymui, nepasinaudojama šiuolaikinių informacinių technologijų galimybėmis. Žinybinėse duomenų bazėse sukaupta informacija yra neprieinama kitoms suinteresuotoms institucijoms, nes duomenų bazės tarpusavyje nesuderintos. Nesant bendros

informacinės sistemos, negalimas efektyvus visos sistemos darbas - koordinavimas, valdymas, projektavimo darbai, kontrolė ir kt..

Kiekvienai valstybės institucijai, dalyvaujančiai žemės gelmių išteklių naudojimo procese, turėtų būti užtikrintas priėjimas prie telkinių dinaminių modelių. Dinaminių naudingųjų iškasenų išteklių modelių pozicija, valstybinio valdymo ir kontrolės institucijose pateikta 71 pav.



71 pav. Telkinio dinaminio modelio pozicija tarp kitų LGT kiberinfrastruktūros elementų



---

## II. NAUDINGŲJŲ IŠKASENŲ TELKNIŲ NAUDOJIMO PROJEKTINIŲ SPRENDINIŲ AUTOMATIZAVIMO METODIKA

Baigtinis modeliavimo tikslas yra telkinių naudojimo projektų sudarymas. Telkinių naudojimo projektai šiai dienai sudaromi vadovaujantis Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos direktoriaus 2005 m. rugsėjo 5 d. įsakymu Nr. 1-107 patvirtintomis naudingųjų iškasenų (išskyrus angliavandenilius) išteklių ir žemės gelmių ertmių naudojimo projektų rengimo taisyklėmis. Bendru atveju telkinio naudojimo projektą sudaro penkios dalis:

1. Geologinė dalis. Čia yra pateikiamos bendros žinios apie telkinį, telkinio geologinė sandara, hidrogeologinės sąlygos, naudingosios iškasenos kokybinė charakteristika, išvalgyti ir Lietuvos geologijos tarnybos patvirtinti naudingosios iškasenos ištekliai. Šio darbo pirmo skyriaus informacija.
2. Kasybos dalis. Čia yra pateikiama informacija apie telkinio kasybos sąlygas, naudingosios iškasenos nuostolius ir išgaunamus išteklius, projektinį karjero našumą ir darbo režimą, karjero mechanizmus, kapitalinius karjero įrengimo darbus, kasybos darbų sistemą, kalendorinius kasybos darbų planus, kalendorinius nuodangos darbus, kasybos atliekų tvarkymo planą, karjero vidaus kelius, karjero paruošimą žiemai ir kasybos darbų saugą.
3. Rekultivavimo dalis. Čia pateikiama rekultivuojamo ploto charakteristika, rekultivavimo darbų technologija, rekultivavimo darbų apimtys ir terminai.
4. Aplinkos apsaugos dalis. Pateikiama informacija apie naudingosios iškasenos gavybos poveikį aplinkos komponentams ir apie priemones gavybos keliamam neigiamam poveikiui sumažinti.
5. Ekonominės analizės dalis. Atliekami ekonominių rodiklių skaičiavimai su tikslu nustatyti telkinio įsisavinimo pelningumą ir ekonominę naudą.

### 2.1. IŠGAUNAMŲJŲ IŠTEKLIŲ KIEKIO APSKAIČIAVIMO DINAMINIS MODELIS

Išgaunamųjų išteklių kiekio apskaičiavimo dinaminis modelis kuriamas 3D geologinio modelio pagrindu, įvertinus visus įmanomus naudingosios iškasenos praradimus (nuostolius) planuojant telkinio įsisavinimą. Tokiu būdu yra

---

apskaičiuojamas realiai galimas išgauti naudingosios iškasenos kiekis. Išskiriamos dvi pagrindinės naudingųjų iškasenų nuostolių grupės:

- I. naudingojo sluoksnio nuostoliai masyve;
- II. atskirti nuo masyvo naudingosios iškasenos nuostoliai.

### 2.1.1. Naudingosios iškasenos nuostolių skaičiavimo metodika

#### 2.1.1.1. Naudingojo sluoksnio nuostoliai masyve

1. Telkinio nejudinamoje pakraščio juostoje. Pakraštinės nejudinamos juostos plotį apsprendžia telkinio žemės ir kasybos sklypų plotai. Nejudinamoji pakraščio juosta išskiriama atsižvelgiant į:

- *karjero gylį, gavybos ir nedarbo pakopų kampus.* Jeigu kasybos ir žemės sklypai sutampa, nuodangos gruntų nėra tiek, kad karjero šlaitai būtų lėkštinami atvežtiniu gruntu, ir yra planuojama juos lėkštinti nustumiant viršutinę karjero borto dalį, tai juosta turi būti išskirta tokio pločio, kad būtų galimybė atlikti lėkštinimo darbus, nepažeidžiant svetimos žemės. Nejudinamos juostos plotis šiuo atveju apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_j = \left( \frac{h(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta)}{2} \right) + 5, \quad [13]$$

kur:

$N_j$  – nejudinamos juostos plotis, m;

$h$  – karjero gylis, m;

$\alpha$  – nulėkštinto šlaito kampas, laipsniais;

$\beta$  – iškasto karjero atstojamasis šlaito polinkio kampas, laipsniais;

5 – pakraštinės juostos plotis technikai pravažiuoti ir dirbti, m.

- *priemonės taršai mažinti,* numatytas atliekant poveikio aplinkai vertinimo procedūras. Atliekant poveikio aplinkai vertinimo procedūras yra nagrinėjamas planuojamos ūkinės veiklos pobūdis ir mastas visiems aplinkos komponentams: vandenims, orui, dirvožemiui, žemės gelmėms, biologinei įvairovei, kraštovaizdžiui, socialinei-ekonominei aplinkai ir gyventojų bei darbuotojų sveikatai, taip pat pateikiamos poveikio sumažinimo priemonės. Viena iš tokių priemonių yra dirvožemio ir grunto pylimai. Jie telkinio eksploatavimo metu tarnauja kaip dulkėtumo ir triukšmo mažinimo priemonė. Jeigu projektuojamame karjere numatytos tokios priemonės, tai nejudinama juosta turi būti išskirta tokio pločio, kad

joje tilptų dirvožemio ir grunto pylimai numatytų parametru. Formuojamų pylimų parametrai apskaičiuojami pagal formules (1 pav.):

$$S_p = h_d \times l_s, \quad [14] \quad h_p = \sqrt{\frac{2S_p}{\text{ctg}30^\circ + \text{ctg}25^\circ}}; \quad [15] \quad b_p = \frac{2S_p}{h_p}; \quad [16]$$

$$b_{p1} = h_p \times \text{ctg}30^\circ; \quad [17] \quad b_{p2} = h_p \times \text{ctg}25^\circ; \quad [18]$$

kur:

$S_p$  – formuojamo pylimo skerspjūvio plotas,  $m^3$ ;

$h_d$  – nustumiamo dirvožemio/grunto storis, m;

$l_s$  – stūmimo ilgis, m;

$h_p$  – formuojamo pylimo aukštis, m;

$b_p$  – formuojamo pylimo pagrindo plotis, m.

Naudingosios iškasenos nuostoliai telkinio nejudinamoje pakraščio juostoje skaičiuojami pagal formulę:

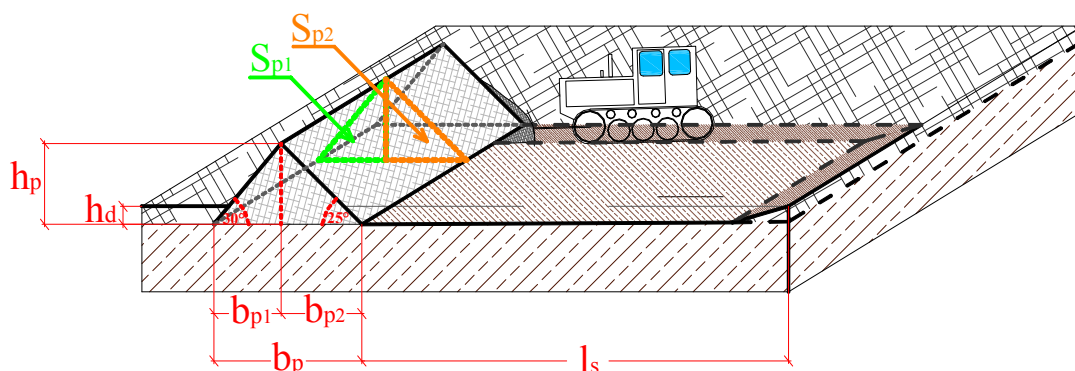
$$V_{n.j.} = S_{n.j.} \times (h_{g1} + h_{g2} + \dots + h_{gn}); \quad [19]$$

kur

$V_{n.j.}$  – naudingosios iškasenos tūris nejudinamoje telkinio pakraščio juostoje,  $m^3$ ;

$S_{n.j.}$  – nejudinamos juostos plotas,  $m^2$ ;

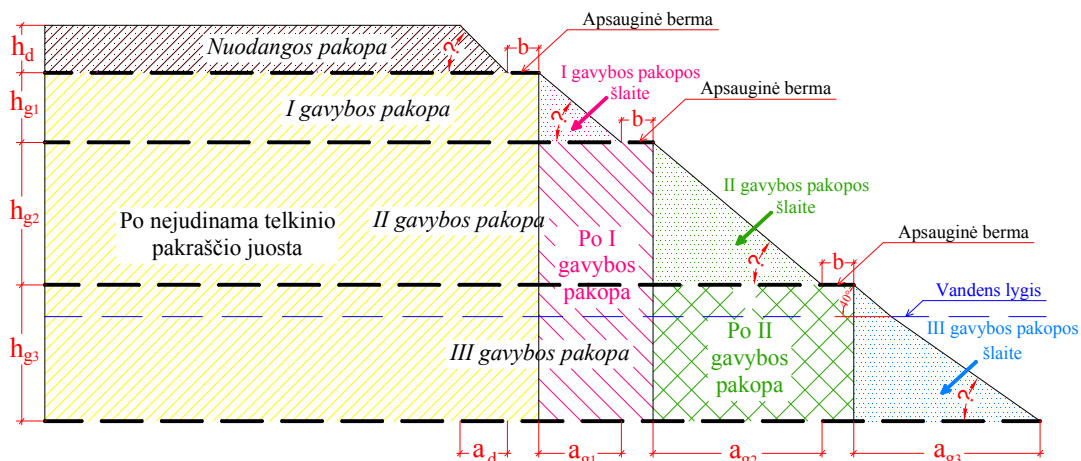
$h_{g1}, h_{g2}, \dots, h_{gn}$  – naudingojo klogo storis atskirose gavybos pakopose pakraščio juostose, m.



72 pav. Formuojamų pylimų parametru apskaičiavimas

## 2. Telkinio šlaituose.

Kai nėra galimybės (mažas žemės sklypo plotas) projektuoti šlaitus į išorę nuo išskirto kasybos sklypo kontūro, turi būti vertinami nuostoliai karjero šlaituose ir po jais.



**73 pav.** Naudingosios iškasenos nuostolių telkinio nejudinamoje pakraščio juostoje, šlaituose ir po jais skaičiavimo schema

Naudingosios iškasenos nuostoliai šlaituose skaičiuojami pagal formulę:

$$V_{sl} = \frac{(h_{gn})^2 \times ctg\beta}{2} L; \quad [20] \text{ kur}$$

$V_{sl}$  – šlaite (skaičiuojamoje gavybos pakopoje) liekančių padermių tūris,  $m^3$ ;

$h_{gn}$  – naudingojo klogo storis šlaite skaičiuojamoje gavybos pakopoje, m.

$L$  – šlaito ilgis pagal tįsą, m;

$\beta$  – nedarbo šlaito kampas, laipsniais.

Naudingosios iškasenos nuostoliai po šlaitais ir apsauginėmis bermomis skaičiuojami pagal formulę:

$$V_{slb} = ((h_{gn} \times ctg\beta) + b) \times (h_{g1} + h_{g2} + \dots + h_{gn}) \times L; \quad [21]$$

kur:

$V_{slb}$  – neiškasamos naudingosios iškasenos tūris po šlaitu ir apsaugine berma (skaičiuojamas po kiekviena gavybos pakopa atskirai),  $m^3$ ;

$h_{g1}, h_{g2}, \dots, h_{gn}$  – naudingojo klogo storis atskirose gavybos pakopų šlaituose, m;

$\beta$  – nedarbo šlaito kampas, laipsniais;

$b$  – apsauginės bermos plotis, m;

$L$  – šlaito ilgis pagal tįsą, m.

### 3. Telkinio dugne.

Kai naudingojo klogo aslą sudaro kitas gruntas (pvz., žvyro karjere – priemolis), žaliavai nuo žalingo jo poveikio apsaugoti dugne paliekamas apsauginis

---

naudingojo sluoksnio storis. Naudingosios iškasenos tūris prarandamas telkinio dugne apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_d = S_d \times h_{nd}; \quad [22]$$

kur:

$V_d$  – telkinio dugne paliekamas naudingosios iškasenos tūris,  $m^3$ ;

$S_d$  – plotas, kuriame paliekamas apsauginis naudingo sluoksnio storis,  $m^2$ ;

$h_{nd}$  – paliekamo dugne naudingo sluoksnio storis, m.

#### 4. Po žaliavos išvežimo keliu.

Žaliavos išvežimo kelias telkinio ribose projektuojamas vadovaujantis KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“ ūkių vidaus kelių III<sub>v</sub> kategorijos reikalavimais. Pagal jį minimalus vienos krypties eismo ir važiuojamosios juostos plotis be kelkraščių sudaro 3,5 m, kelkraščiai – po 1 m, kelio plotis be paplatinimų – 5,5 m, dviejų krypčių eismo ir važiuojamųjų juostų plotis – 10 m. Posūkio spinduliai neregamentuojami. Įrengiant kelius jų kelkraščiuose turi būti iškasti 0,3-0,4 m gylio paviršinio vandens nuvedimo kanalėliai. Išilginis kelio nuolydis negali būti didesnis už 8 %. Tam, kad kelias atitiktų visus minėto KTR parametrus, kartais tenka jį projektuoti planuojamo karjero viduje, numatant nusileidimą karjero šlaitais. Tokiu atveju po žaliavos išvežimo keliu lieka naudingosios iškasenos nuostoliai, kurie apskaičiuojami pagal formulę:

$$V_k = \frac{h_{n.k.} \times L_k}{2} a_k; \quad [23]$$

kur:

$V_k$  – po žaliavos išvežimo keliu paliekamas naudingosios iškasenos tūris,  $m^3$ ;

$h_{n.k.}$  – naudingo sluoksnio storis po žaliavos išvežimo keliu planuojamo nusileidimo pradžioje kasybos sklypo ribose, m;

$L_k$  – kelio ilgis nuo planuojamo nusileidimo pradžios (kasybos sklypo ribose) iki pabaigos, m;

$a_k$  – kelio užimamas plotis, m.

#### 5. Paskutinėje ekskavatoriaus užėjoje.

Kasant apvandenintą naudingą sluoksnį, visas iškastas gruntas pagal gavybos pakopos šlaitą pilamas nusausėti, ir tik po to iš pylimo ekskavatoriumi kraunamas į



---

automobilius išvežimui. Dėl supilamo pylimo, kasant apvandenintą sluoksnį, paskutinės užveigos neįmanoma saugiai iškasti, todėl tokioje situacijoje paskutinėje ekskavatoriaus darbo aikštelėje susidaro nuostoliai, kurie apskaičiuojami pagal formulę:

$$V_{e.už} = S_{e.a.} \times h_{n.e.a.}; [24]$$

kur

$V_{e.už}$  – paskutinėje ekskavatoriaus užveigoje paliekamas naudingosios iškasenos tūris,  $m^3$ ;

$S_{e.a.}$  – paskutinės ekskavatoriaus darbo aikštelės plotas,  $m^2$ ;

$h_{n.e.a.}$  – paliekamo po paskutinę ekskavatoriaus darbo aikštelę naudingo sluoksnio storis, m.

#### 6. Neparankiuose gavybai plotuose.

Šiai grupei priskiriu nuostolius po žaliavos perdirbimo įrenginiais, pastatais arba kitais statiniais, trukdančiais išteklių gavybai, taip pat po servitutiniams keliams ir jų apsauginėms juostoms, kitų inžinerinių įrenginių apsaugos zonomis arba neįmanomus išgauti dėl specialių žemės ir miško naudojimo sąlygų, bei už turimo žemės sklypo ribų. Šie ištekliai atsiradus galimybei ateityje gali būti išgauti.

### **2.1.1.2. Atskirti nuo masyvo naudingosios iškasenos nuostoliai**

#### 1. Telkinio kraige.

Šalinant nuodangos sluoksnį, apie 10 cm naudingojo klogo užgriebiama buldozerio peiliu ir pašalinama kartu su nuimama danga, todėl visur, kur yra danga skaičiuojami nuostoliai telkinio kraige pagal formulę;

$$V_k = S_k \times h_{n.k}; [25]$$

kur:

$V_k$  – naudingosios iškasenos tūris prarandamas ruošiant karjerą kasybai (nuimant dangą),  $m^3$ ;

$S_k$  – nuimamos dangos plotas,  $m^2$ ;

$h_{n.k}$  – užgriebiamo buldozerio peiliu naudingo sluoksnio storis, m (apie 0,1 m).

#### 2. Transportavimo.

Pervežant iškastą naudingosios iškasenos žaliavą autotransportu 1 % grunto nusibarsto. Todėl vartotoją pasiekia mažesnis žaliavos kiekis. Tai turi būti įvertinta sudarant telkinio kalendorinius planus.

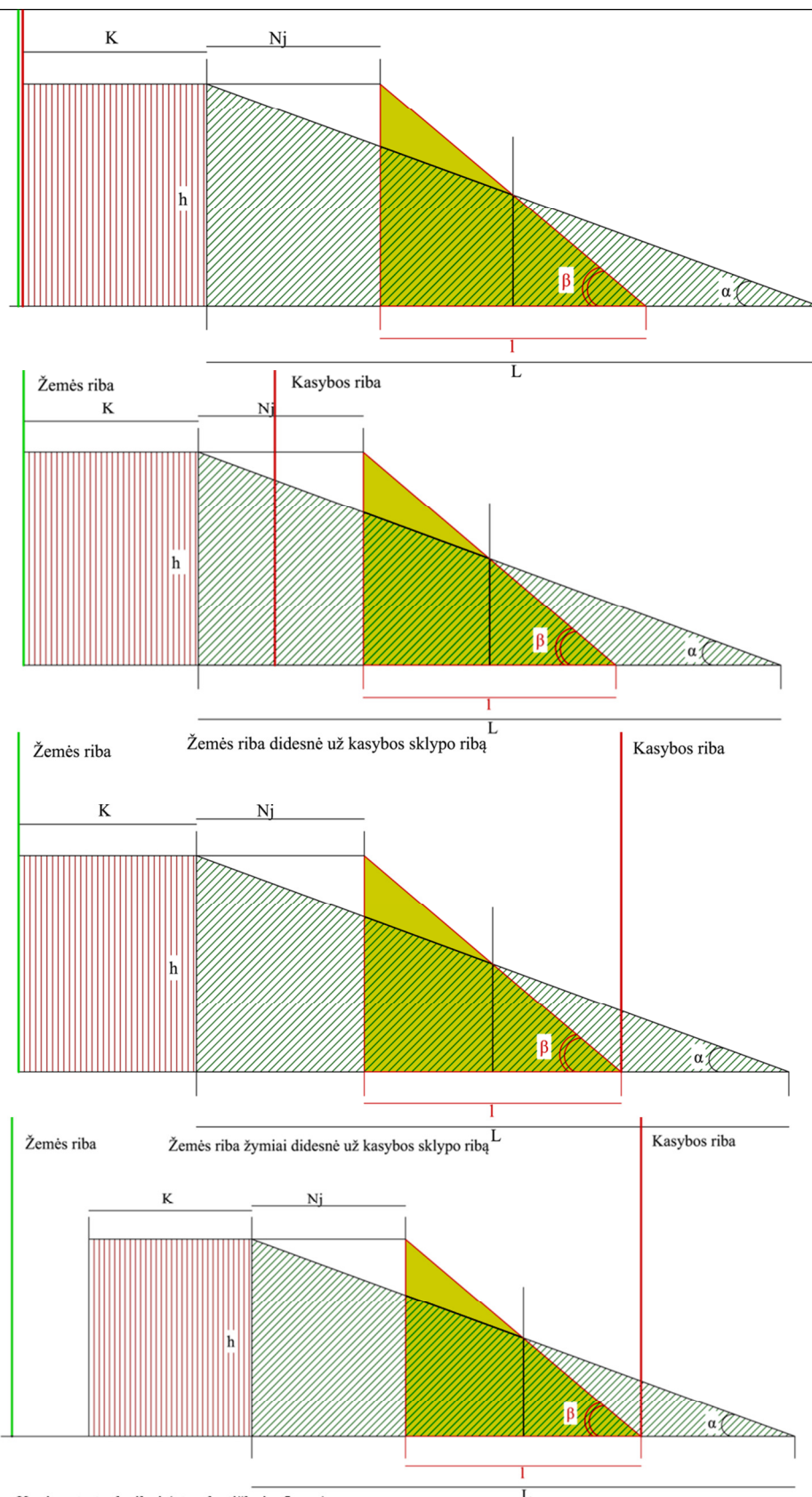
---

### **2.1.2. Naudingosios iškasenos nuostolių skaičiavimo rezultatai, išteklių kiekio apskaičiavimo dinaminiai modeliai**

Vystantis kompiuterinėms technologijoms atsirado galimybė naudingosios iškasenos tūrių apskaičiavimui naudoti programines įrangas. Viena iš tokių yra Geomap2010, kurioje tūrio apskaičiavimui naudojamas GRID (tinklelio) metodas, aprašytas 1 skyriuje, 1.3 poskyryje. Privalumas naudojant šį metodą tas, kad paviršiai išlieka aktyvūs visą laiką, todėl pakitus vieno iš jų reikšmėms, automatiškai perskaičiuojamas ir pasikeitęs tūris. Tai svarbu pradėjus gavybos darbus, kadangi suteikia galimybę stebėti išteklių kaitą (skaičiuoti išteklių gavybos apimtį ir likutį pagal tuos pačius principus). Tuo būdu, šis telkinio išteklių apskaičiavimo planas tampa dinamišku išteklių apskaičiavimo modeliu.

Sudarius dinaminį išteklių apskaičiavimo planą, nuostoliai nejudinamoje telkinio pakraščio juostoje, projektuojamuose gavybos pakopų nedarbo šlaituose ir po jais apskaičiuojami automatiškai. Reikia tik išskirti nejudinamą pakraščio juostą ir gavybos pakopų šlaitų užimamą plotį pagal aukščiau aprašytą metodiką. Ši metodika yra integruota į kuriamą programinės įrangos modulį. Veikimo principas toks: pradžioje nurodomos žemės ir kasybos sklypų ribos, po to pateikiama užklausa ar reikalinga juosta transportui (standartiškai užduota <Taip>), toliau - kokio pločio (standartiškai <5 m>), ar reikalinga nejudinama juosta (standartiškai <Taip>), nurodomi pirmas ir antras paviršius (dažniausiai naudingo klogo kraigo ir pado paviršiai, jeigu atliekame visos telkinio storumės projektavimo darbus), nurodomas nedarbo šlaitų kampas (standartiškai <40°>) ir lėkštinamų šlaitų kampas (standartiškai <20°>). Išskiriami keli nejudinamos juostos nustatymo variantai:

1. Žemės ir kasybos sklypai sutampa. Skaičiavimai atliekami nuo žemės sklypo ribos, lėkštinama į vidinę pusę.
2. Žemės riba didesnė už kasybos sklypo ribą, bet skirtumas nepakankamas, kad būtų atliktas šlaitų lėkštinimas į išorę. Skaičiavimai atliekami nuo žemės sklypo ribos. Lėkštinama į abi puses.
3. Žemės riba didesnė už kasybos sklypo ribą. Skaičiavimai atliekami nuo žemės sklypo ribos ir lėkštinama į išorę.
4. Žemės riba žymiai didesnė už kasybos sklypo ribą. Skaičiavimai atliekami nuo kasybos sklypo ribos ir lėkštinama į išorę.



K - juosta technikai (standartiškai <5 m>).  
 Nj - nejudinama telkinio juosta, apskaičiuojama pagal pateiktas formules.  
 h - šlaito aukštis (randamas kaip skirtumas dviejų paviršių (naudingojo klogo ir pado))  
 L - nulėkštinto karjero šlaito ilgis.  
 l - iškasto karjero šlaito ilgis.

**74 pav.** Nejudinamos pakraščio juostos nustatymo būdai, integruoti į telkinių modeliavimo modulį.

---

Modelio įgyvendinimas vyksta tokiu principu: iš pradžių randamas nulėkštinto šlaito skerspjūvio plotis (L) ir iškasto karjero šlaito skerspjūvio plotis (l), tada iš L atėmus l ir rezultata padalinus iš 2 gaunamas nejudinamos juostos plotis (įgyvendinama formulė Nr. 13). Toliau sudedamas juostos technikai plotis (K), nejudinamos juostos plotis (Nj) ir iškasto karjero šlaito skerspjūvio plotis (l). Atliekamas tikrinimas ar apskaičiuotas atstumas didesnis ar mažesnis nei atstumas tarp žemės ribos ir kasybos sklypo ribos. Jei atstumas mažesnis, tada nuo žemės sklypo ribos atidedame taškus K, J, l ir L, kurie atitinkamai priklauso: transporto juostos ribai (lėkštinamo šlaito viršus), kasybos šlaito viršaus ribai (nejudinama juosta), kasybos šlaito apačiai, nulėkštinto šlaito apačiai. Galiausiai atliekamas visų taškų skaičiavimas ir jungimas į išvardintas linijas.

Skaičiuojant nuostolius naudojami tie patys paviršiai, kurie buvo naudojami geologinių išteklių apskaičiavimui: naudingo kredo kraigo ir aslos. Tarp šių paviršių esantis tūris išskirtame plote (įvertinus nejudinamos juostos poreikį, užimamą gavybos šlaitų plotą ir pan.) sudaro iškasamą naudingosios iškasenos tūrį. Iš bendrų geologinių išteklių kiekio atėmę šitaip apskaičiuotą naudingosios iškasenos kiekį, sužinome nuostolius nejudinamoje telkinio pakraščio juostoje, projektuojamuose gavybos pakopų nedarbo šlaituose ir po jais.

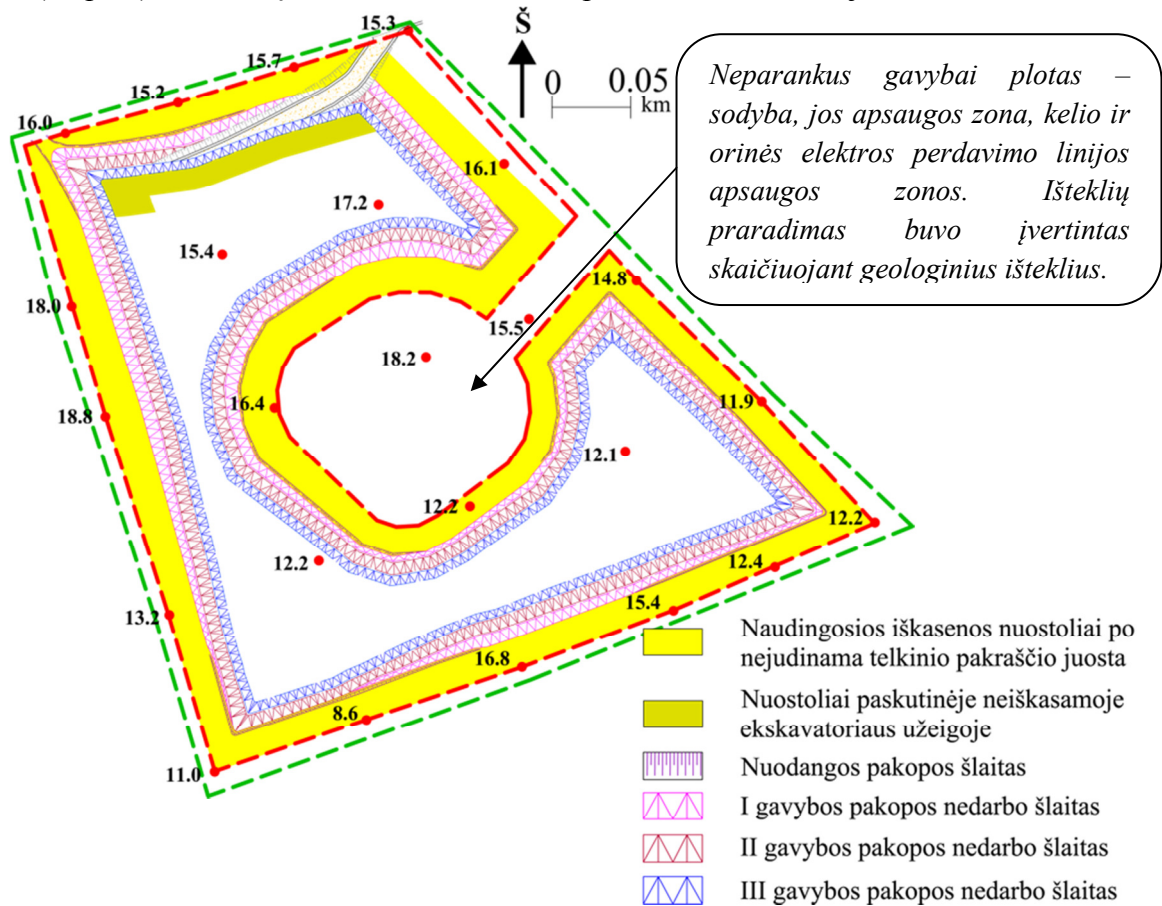
Sudaryti tokiu principu nuostolių apskaičiavimo planai, kaip ir geologinių išteklių apskaičiavimo planai yra dinaminiai, lengvai keičiami esant poreikiui. Jie taip pat gali būti pritaikyti vykdant naudingosios iškasenos apskaitą ir kontrolę.

Šiame darbe pateikiamas nuostolių įvertinimas ir išgaunamųjų išteklių apskaičiavimas keliuose tyrimui pasirinktuose telkiniuose, kadangi visų jų esmė yra labai panaši. Pateikiami Bogušiškių žvyro telkinio 2 sklypo, Sniegių žvyro, Šklėrių žvyro ir smėlio ir Rūsteikių žvyro telkinių nuostolių apskaičiavimo planai.

Bogušiškių žvyro telkinio žemės ir kasybos sklypai praktiškai sutampa, todėl šlaitų lėkštinimas visuose pakraščiuose čia yra projektuojamas į vidinę telkinio pusę, paliekant nejudinamą juostą atitinkamiems šlaitų rekultivavimo darbams atlikti ir kasybos technikai pravažiuoti. Numatomas šlaitų lėkštinimo būdas – viršutinės karjero borto dalies nustūmimas žemyn. Esant tokiam lėkštinimo būdui paliekamos nejudinamos juostos plotis yra gana didelis. Šioje juostoje karjero eksploatavimo metu bus sandėliuojamas į pakraštį nustumiamas dirvožemis, kuris tuo pačiu tarnaus

kaip triukšmo ir dulkių mažinimo priemonė. Dvišlaičių gruntų pylimų ir sąvartų projektavimas taip pat yra kuriamo modelio objektai.

Bogušiškių žvyro 2 sklype naudingąją iškaseną planuojama išgauti trimis gavybos pakopomis, paskutinėje pakopoje kasamas apvandenintas naudingas klotas, todėl yra paliekama neiškasta paskutinė ekskavatoriaus užeiga. Iš viso šiame telkinyje apskaičiuoti tokie nuostoliai: po nejudinama telkinio pakraščio juosta, paskutinėje neiškasamoje ekskavatoriaus užeigoje, gavybos pakopų nedarbo šlaituose ir po jais (74 pav.) Nuostolių skaičiavimo rezultatai pateikiami 17 lentelėje.



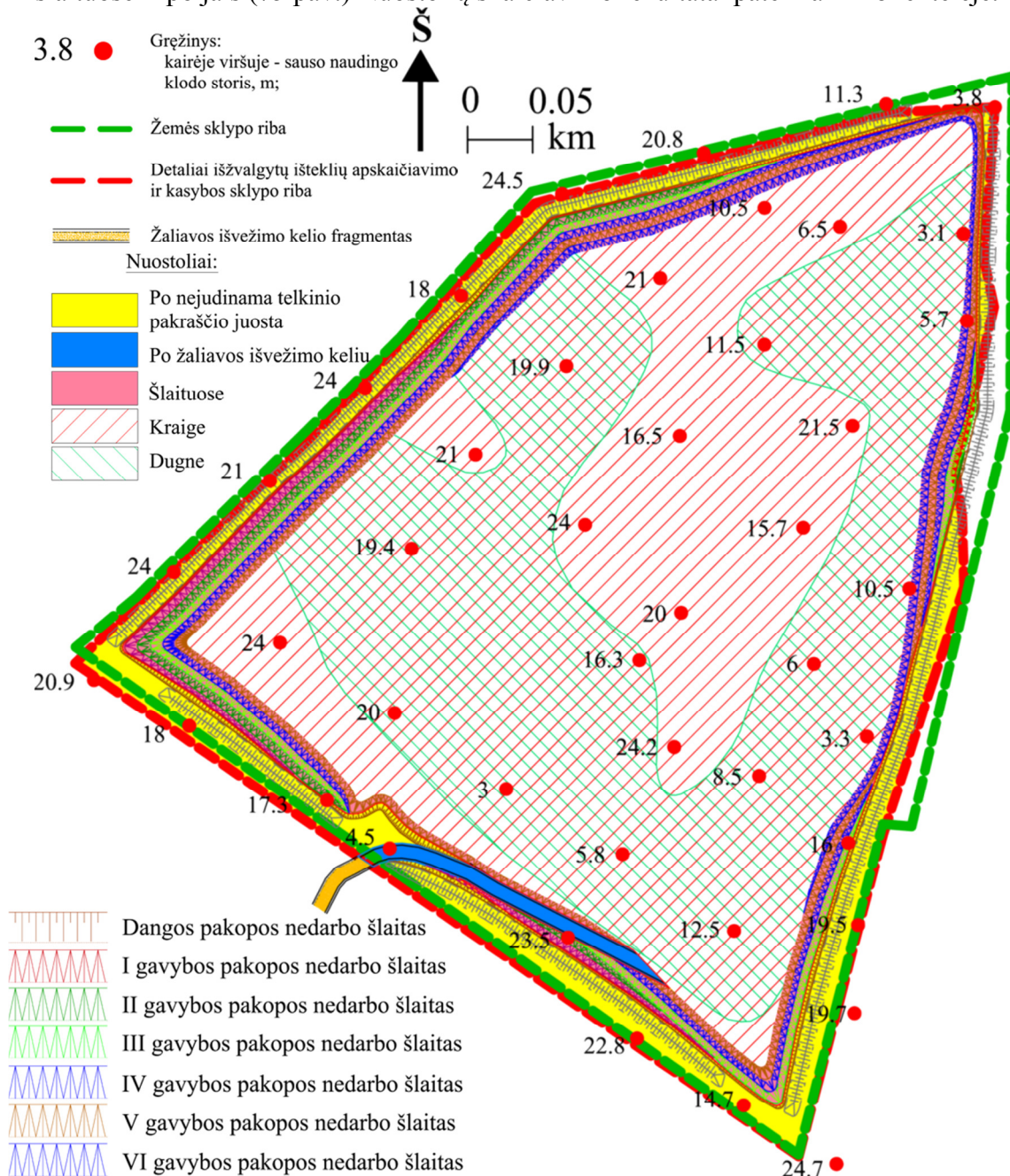
75 pav. Bogušiškių II žvyro telkinio 2 sklypo nuostolių apskaičiavimo planas

17 lentelė. Nuostolių apskaičiavimo rezultatai Bogušiškių žvyro telkinyje 2 sklype

Pozicija	Prarandamas tūris, m <sup>3</sup>
<b>Nuostoliai telkinio masyve</b>	
Po nejudinama telkinio pakraščio juosta	575342
Gavybos pakopos šlaituose	269649
Nuostoliai paskutinėje užeigoje	11001
<b>Nuostoliai atskirti nuo masyvo</b>	
Kraige	15360
Transportavimo	8560
<b>Viso</b>	<b>879912</b>



Sniegių žvyro telkinį planuojama eksploatuoti šešiomis gavybos pakopomis, paskutinėje pakopoje taip pat kasamas apvandenintas naudingas klodas, todėl ir čia yra paliekama neiškasta paskutinė ekskavatoriaus užėiga. Iš viso šiame telkinyje apskaičiuoti tokie nuostoliai: telkinio dugne, kraige, po nejudinama telkinio pakraščio juosta, paskutinėje neiškasamoje ekskavatoriaus užėigoje, gavybos pakopų nedarbo šlaituose ir po jais (75 pav.) Nuostolių skaičiavimo rezultatai pateikiami 18 lentelėje.



76 pav. Sniegių žvyro telkinio (2007 metų žvalgybos) nuostolių apskaičiavimo planas



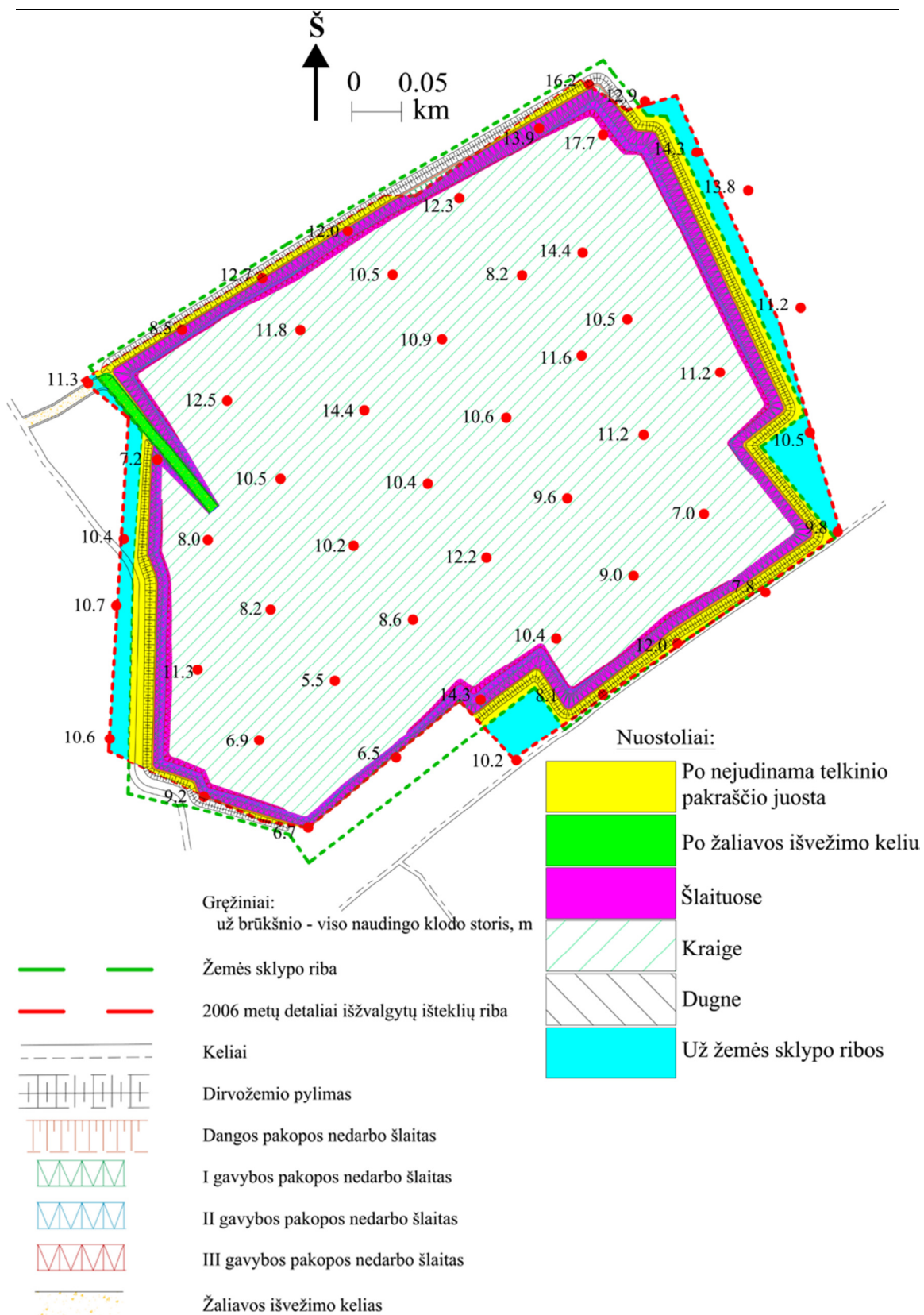
**18 lentelė.** Nuostolių apskaičiavimo rezultatai Sniegių žvyro telkinio 2007 metų žvalgybos plote

Pozicija	Prarandamas tūris, m <sup>3</sup>
<b>Nuostoliai telkinio masyve</b>	
Po nejudinama telkinio pakraščio juosta	606815
Šlaituose	323290
Po žaliavos išvežimo keliu	8324
Dugne	28745
<b>Viso masyve</b>	<b>967174</b>
<b>Nuostoliai atskirti nuo masyvo</b>	
Kraige	27416
Transportavimo	39744
<b>Viso atskirtų nuo masyvo</b>	<b>67160</b>
<b>Viso</b>	<b>1034334</b>

Šklėrių žvyro telkinį planuojama eksploatuoti trimis gavybos pakopomis. Jame apskaičiuoti tokie nuostoliai: telkinio dugne, kraige, po nejudinama telkinio pakraščio juosta, gavybos pakopų nedarbo šlaituose ir po jais, po žaliavos išvežimo keliu ir neparankiose gavybai plotuose – už žemės sklypo ribų (76 pav.) Nuostolių skaičiavimo rezultatai pateikiami 19 lentelėje.

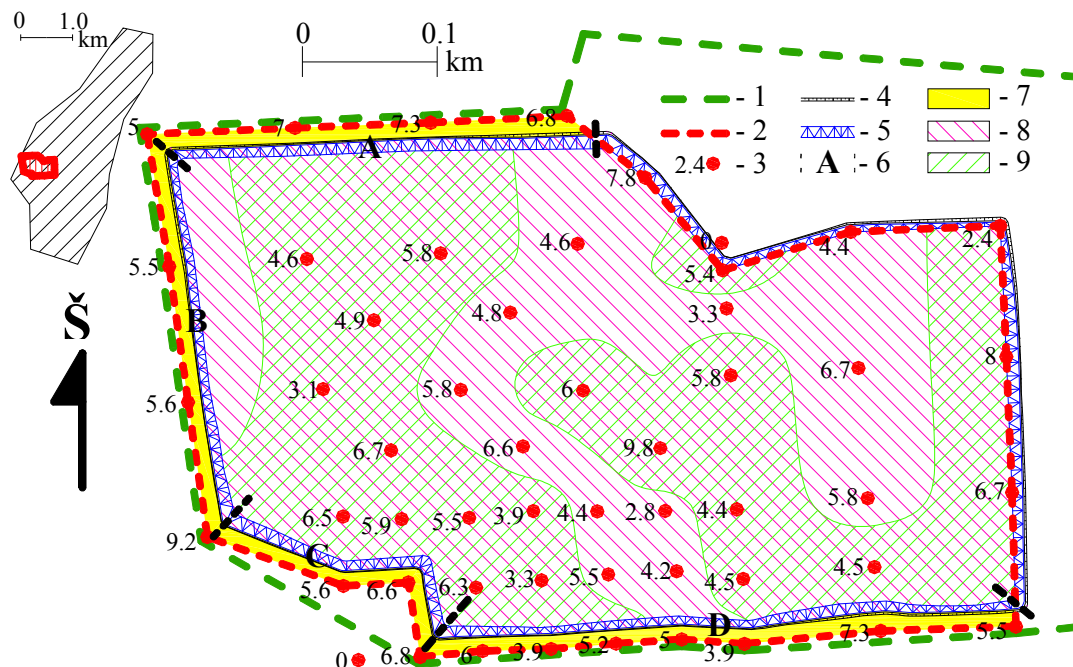
**19 lentelė.** Nuostolių apskaičiavimo rezultatai Šklėrių žvyro telkinio 2006 metų žvalgybos plote

Pozicija	Prarandamas tūris, m <sup>3</sup>			
	Sauso žvyro	Sauso smėlio	Apvandenintas smėlis ir žvyras	Viso
<b>Nuostoliai telkinio masyve</b>				
Po nejudinama telkinio pakraščio juos	160985	63529	26114	250628
Po žaliavos išvežimo keliu	7955	4743	909	13607
Šlaituose	77960	54820	31395	164174
Dugne	889	6279	33436	40604
Už žemės sklypo ribos	116278	52865	16566	185709
<b>Viso masyve</b>	<b>364066</b>	<b>182235</b>	<b>108420</b>	<b>654722</b>
<b>Nuos toliai atskirti nuo masyvo</b>				
Kraige	31715	0	0	31715
Transportavimo	21532	5978	3856	31366
<b>Viso atskirtų nuo masyvo</b>	<b>53247</b>	<b>5978</b>	<b>3856</b>	<b>63081</b>
<b>Viso</b>	<b>417313</b>	<b>188213</b>	<b>112276</b>	<b>717802</b>



77 pav. Šklėrių žvyro telkinio (2006 metų detalios žvalgybos) nuostolių apskaičiavimo planas

Rūsteikių žvyro telkinį planuojama eksploatuoti viena gavybos pakopa. Jame apskaičiuoti tokie nuostoliai: telkinio dugne, kraige, po nejudinama telkinio pakraščio juosta, gavybos pakopos nedarbo šlaituose (77 pav.) Nuostolių skaičiavimo rezultatai pateikiami 20 – 21 lentelėse.



1 – žemės sklypo riba, 2 – kasybos sklypo riba, 3 – grėžinys (kairėje iškasamo naudingo klogo storis, m), 4 – dangos pakopos nedarbo šlaitas, 5 – gavybos pakopos nedarbo šlaitas, 6 – nuostolių gavybos pakopos šlaituose skaičiavimo bortai ir jų Nr., 7 – nuostoliai po nejudinama telkinio pakraščio juosta, 8 – nuostoliai karjero kraige, 9 – nuostoliai karjero dugne.

**78 pav.** Nuostolių apskaičiavimo planas detaliai išžvalgyto ir projektuojamo kasti Rūsteikių plote ir jo dislokacija visame tiriamajame plote

**20 lentelė.** Nuostolių apskaičiavimo rezultatai Rūsteikių telkinio 1975 metų žvalgybos plote

POZICIJA	PRARANDAMAS TŪRIS, m <sup>3</sup>
<b>Nuostoliai telkinio masyve</b>	
Po nejudinama telkinio pakraščio juosta	96693
Gavybos pakopos šlaituose	23073
Karjero dugne	22219
<b>Viso masyve</b>	<b>141986</b>
<b>Nuostoliai atskirti nuo masyvo</b>	
Karjero kraige	18763
Transportavimo	9558
<b>Viso atskirtų nuo masyvo</b>	<b>28321</b>
<b>VISO</b>	<b>170307</b>

---

**21 lentelė.** Naudingosios iškasenos nuostolių Rūsteikių telkinio gavybos šlaituose apskaičiavimo rezultatai

POZICIJA (SKAIČIAVIMO BORTAS)	PRARANDAMAS TŪRIS, m <sup>3</sup>
A	7537
B	4552
C	5518
D	5466
<b>VISO</b>	<b>23073</b>

## 2.2. KARJERŲ IR KASINIŲ ŠLAITO (BORTO) STABILUMO ĮVERTINIMAS

### 2.2.1. Bendros žinios

Uolienų nuošliaužos, griūtys ir šlaito deliuvio bei kitokių dūlėsių nuslinkimai padaro daug žalos keliams, gyvenvietėms, miestams, gamtiniams paminklams ir naudingųjų iškasenų karjerams bei kasiniams.

Dėl gravitacinių geologinių procesų, kurių atsiradimą sąlygoja visuotinė Žemės trauka, atplyšta šlaito uolienos, rečiau jos atskyta, slenka, nukrenta arba plastiškai teka. Šiame šlaito uolienų ir jų masyvų deformacijos procese svarbu vaidmenį vaidina (Терцаги К., 1961; Bell F., 2007):

1. uolienų svoris, kurio trauka nukreipta į šlaito papėdę,
2. žemiau slūgsančių uolienų slegiamoji jėga, kurią sudaro aukščiau gelmėjančių mineralinių darinių svoris;
3. staigūs ir žymūs šlaito viršuje, gilumoje ir apačioje esančių uolienų vidinio įtempimo gradientų pokyčiai;
4. geologiniai procesai, silpninantys fizikines ir mechanines šlaito uolienų savybes;
5. šlaito aukštis ir jo paviršiaus morfologija;
6. šlaito geologinė sandara ir jo erdvinė padėtis vietovės neotektoninėje struktūroje;
7. paviršinio ir požeminio vandens veikla;
8. žemės plutos drebėjimai;
9. kiti veiksniai (klimatas, technogeniniai procesai, augalija ir kt.).

Visų pirma šlaito pastovumas ir gravitacinis uolienų slinkimas priklauso nuo jo aukščio, nuolydžio kampo ir geologinės sandaros.

**Pagal aukštį šlaitai** g.b. sąlygiškai skirstomi į labai aukštus (>100 m), aukštus (100-50), vidutinio aukščio (50-10), žemus (10-5) ir labai žemus (<5).

**Pagal polinkio kampa šlaitai** (22 lentelė) skirstomi į: labai mažai nuolaidžius (<5°), mažai nuolaidžius (5-15), vidutinio nuolaidumo (15-30-45), stačius (45-60), ir labai stačius (>60).

Analizuojant šlaitus, svarbus uždavinys yra jų stabilumo įvertinimas. Žymus amerikiečių gravitacinių procesų specialistas ir daugelio darbų autorius Y.H.Chuangas pastebi, kad praktiškai visi šlaitų pastovumo saugos skaičiavimai remiasi uolienų plastiškos ribinės pusiausvyros koncepcija. (Huang. Y., 1983).

**22 lentelė.** Šlaitų skirstymas pagal polinkio kampus (pagal R. Tarvydą, 1995 m.)

Šlaito nuolydis į horizontą		Sąlyginis šlaito pavadinimas
Laipsniai	Procentai 0°=0%, 90°=25%,	
>60	>17	Labai status šlaitas(skardis)
60-45	17-12	Status šlaitas (kriaušis)
45-30	12-8	Nuokalnė (atšlaitė, atkalnė)
30-15	8-4	Nuožulnumas
15-5	4-2	Nuolaidi lyguma
<5	<2	Labai nuolaidi lyguma

### 2.2.2. Karjerų ir kasinių šlaito (borto) stabilumo įvertinimas

Karjero šlaitų pastovumą sąlygoja daug veiksnių, kurie skirstomi į gamtinius ir technogeninius (Tarvydas R., 1995). Gamtinių faktorių grupę sudaro:

1. Karjero ar gilaus kasinio geologinės sąlygos, t.y. uolienos, jų sudėtis, savybės, tekstūra, struktūra, plyšiuotumas, įdūlėjimo laipsnis, slūgsojimo pobūdis ir kt.;
2. Karjero hidrogeologinės sąlygos, ypač požeminio vandens dinamika, debitas, hidrostatinis ir hidrodinaminis slėgis;
3. Naudingosios iškasenos klodą dengiančių uolienų svoris, savybės bei fizinės būsenos pasikeitimai,
4. Vietovės klimatinės sąlygos: temperatūros pokyčiai, atmosferinių kritulių kiekis, įšalo gylis ir kt.;
5. Vietovės seismingumas ir kt.

Technogeninių faktorių ir sąlygų grupei priskiriami:

1. Karjero ar kasinio gylis ir jų forma;
2. Naudingųjų iškasenų kasimo technologija, inžinerinių objektų statyba ir įvairios paskirties technikos judėjimas eksploatacinių pakopų aikštelėse, t.y. statinė ir dinaminė šlaito apkrova;

---

3. Karjero ir eksploatacinių pakopų bei kirtaviečių šlaitų polinkio kampu technogeniniai pokyčiai;

4. Bergždžiomis uolienomis bei gruntais supilti (terikonams) tinkamos vietos parinkimas; priešingu atveju dėl didelio papildomo svorio kalnakasybos darbų teritorijoje gali pasikeisti karjero zonos uolienų įtempimo būseną ir įvykti struktūrinė deformacija.

5. Optimalus mineralinės žaliavos preliminarus pramoninio apdorojimo, perdirbimo, transporto įmonių ir kitokių inžinerinių statinių išdėstymas karjero bei mineralinės žaliavos išplitimo ribose ir kt.

Aukščiau išvardytų veiksnių teisingas įvertinimas ir kitos profilaktinės priemonės įgalina išvengti nelaimingų atsitikimų ir materialinių nuostolių.

Įrengiant karjerus ar kitokios paskirties gilius kasinius žemės paviršiuje, pagrindinis dėmesys kreipiamas į optimalaus šlaito aukščio ir nuolydžio kampo parinkimą, kad jis būtų stabilus. Apskaičiuojant pastovų karjero šlaitą ir nuolydžio kampą, pirmiausia atsižvelgiama į aukščiau slūgsančių uolienų (gruntų) svorį, sankabą, pasipriešinimą šlyčiai, gniuždymui ir į kai kurių kitų fizikinių ir mechaninių savybių rodiklius. Įvertinamos ir naudingosios iškasenos savybės.

Šiuo metu inžinerinės geologijos ir gruntų mechanikos literatūroje randame labai daug įvairių metodų karjerų, gilių kasinių, naudingosios iškasenos eksploatavimo kirtaviečių ir terikonų šlaitų stabilumui apskaičiuoti. Visų metodų pagrindinis trūkumas – tai realių gamtinių sąlygų ir uolienų fizikinių bei mechaninių savybių, kurios įeina į apskaičiavimo matematinės formules ir grafinius brėžinius, scheminis įvertinimas. Dažnai gamtinių sąlygų ir uolienų savybių rodikliai, kurie naudojami apskaičiavimams, būna netikslūs, pernelyg padidinti arba sumažinti. Be to, neatsižvelgiama į tai, kad gamtinių sąlygų, uolienų ir naudingosios iškasenos savybių rodikliai keičiasi labai nedideliame plote. Tačiau, nepaisant to, daugeliu atvejų jie yra labai svarbūs preliminariai apskaičiuojant karjerų, gilių kasinių ir terikonų šlaitų pastovumą, taip pat padeda spręsti daugelį kalnakasybos, inžinerinės statybos, žaliavos eksploatavimo ir ekologijos klausimų.

Apskaičiuojant karjero šlaitų pastovumo parametrus, dažnai yra naudojami grafiniai analitiniai metodai, kurių dauguma remiasi gruntų mechanikos dėsniais. Be jų daugeliu atvejų yra taikomi inžinerinės geologijos analogijos ir kitokie apskaičiavimo būdai. Siekiant išvengti sudėtingų skaičiavimų bei braižymo darbų ir



gauti preliminarius, tačiau pakankamai tikslius duomenis apie šlaitų stabilumą, daugelis kalnakasybos pramonės markšneiderių praktiniame darbe taiko specialių grafikų metodą (Заруба К., Менцл В., 1979, Скабалланович И.А., Седенко М.В., 1980, Терцаги К., 1961).

Remiantis apskaičiavimais ir daugiamečių stebėjimų duomenimis, daugelio šalių vadovėliuose ir rekomendacijose nurodoma, kokie turi būti karjerų ir terikonų šlaitų aukščiai bei nuolydžio kampai pagal uolienu (gruntų) grupes.

**23 lentelė.** Karjerų ir terikonų šlaitų aukščiai bei nuolydžio kampai pagal uolienu (gruntų) grupes pagal E.Šešką (Tarvydas R., 1995):

Uolienos pavadinimas	Šlaito aukštis, m	Šlaito nuolydžio kampas laipsniais
<b><u>Karjerų šlaitai</u></b>		
1. Kietos, magminės uolienos	Neribojamas	Iki 90
<b>2. Kietos nuosėdinės uolienos</b>	<b>Neribojamas</b>	<b>50-60</b>
<b>3. Pusiau kietos ir sauso smėlio</b>	<b>25-30</b>	<b>40-50</b>
<b>4. Smėlio-molio ir molio</b>	<b>25-30</b>	<b>35-45</b>
<b><u>Terikonų šlaitai</u></b>		
1. Smėlis	30-60	30-33
2. Smėlio-molio uoliena	30-45	33-36
3. Molis	20-30	38-40
4. Smėlio - molio vandeningos uolienos	10-15	18-25

Pateikiamos rekomendacijos ir duomenys taikytini atsižvelgiant į vietovės uolienu savybes, geologinę sandarą, klimatinės sąlygas ir technogeninio grunto ypatumus.

### 2.2.3. Karjero borto stabilaus šlaito apskaičiavimo inžineriniai būdai

Šlaito sudarančių grunto savybės, įtakuojančios kasavietės šlaito nuolydį (šlaito kampą su horizontale  $\alpha$ ) yra:

- vienetinis svoris (savitasis tankis (sunkis))  $\gamma$  (matuojamas  $\text{kN/m}^3$ );
- vidinės trinties kampas  $\varphi$  (matuojamas laipsniais);
- sankiba  $c$  (matuojama kPa).

Šių savybių nustatymui turi būti atlikti laboratoriniai tyrimai. Šiame darbe buvo atlikti laboratoriniai tyrimai Rūsteikių žvyro karjere, kurio genetinis potipis – kraštiniai fluvioglacialiniai dariniai. Bandymams iš karjero žiedų metodu laikantis GOST 12071-72 reikalavimų buvo paimti 4 nesuardyto grunto (smulkaus smėlio,

---

aleuritingo smėlio, priemolio) monolitai, iš kurių tyrimams buvo padaryti 9 bandiniai: keturi smulkaus smėlio (Nr. 1,2,3,4), trys aleuritingo smėlio (Nr.5,6,7), du priemolio (Nr.8,9).



**79 pav.** Rūsteikių žvyro telkinio nesuardyto grunto monolitai šlaito sudarančių grunto savybėms tirti

### **2.2.3.1. Vienetinio svorio (savitojo tankio (sunkio)) $\gamma$ nustatymas**

Savitasis tankis – yra masės ir tūrio santykis, imant absoliutųjį tūrį. Jis skaičiuojamas, gamtinį arba sauso grunto tankį padauginus iš laisvojo kritimo pagreičio  $g=10\text{m/s}^2$  ir matuojamas  $\text{KN/m}^3$ . Gamtinis ir sauso grunto tankiai nustatomi laboratoriniais tyrimais.

#### **Gamtinis tankis**

Gamtinis tankis – tai tam tikro tūrio grunto masės  $M$  santykis su viso nesuardyto grunto tūriu  $V$  (grūdelių tūris + porų tūris):

$$\rho = \frac{M}{V}, \text{ g/cm}^3 \quad [26]$$

Gamtinis tankis priklauso nuo mineralinės grunto sudėties, poringumo ir drėgnio. Kuo didesnis grunto drėgnis, tuo didesnis jo tankis. Maksimalią savo reikšmę prie tam tikro poringumo grunto tankis pasiekia prie pilno porų užsipildymo vandeniui. Kuo didesnis dalelių tankis tuo didesnis gamtinis tankis. Kuo didesnis poringumas, t.y. kuo labiau puresnę sandarą turi dalelės tūrio vienetu, tuo mažesnis grunto tankis. Grunto tankis gali kisti didesniame intervale. Jis apibūdina grunto fizinę būseną, sutankinimo laipsnį. Kuo labiau sutankintas gruntas tuo mažiau jo tankis skiriasi nuo dalelių tankio.

Gruntuose, esančiuose žemiau gruntinio vandens lygio, mineralinės dalelės jaučia vandens “pakabinamąjį” poveikį ir todėl jų tankis atitinkamai sumažėja.

---

### **Grunto skeleto tankis (sausio grunto tankis)**

Grunto skeleto tankis – tai kietų dalelių arba absoliučiai sausio grunto masės santykis su 4° C temperatūros vandens mase, tokio tūrio, kuris lygus visam grunto tūriui (grūdelių tūris+porų tūris) prie tam tikro poringumo. Skaitine verte skeleto tankis yra lygus grunto tūrio masės vienetui išskaičiavus vandens masę porose (esant gamtiniam grunto poringumui).

Kuo didesnis grunto kietos fazės tankis, tuo mažesnis jo poringumas ir didesnis dalelių tankis. Grunto skeleto tankis surandamas pagal formulę:

$$\rho_{sk} = \frac{M_{sk}}{V}, \text{ g/cm}^3 \quad [27]$$

arba

$$\rho_{sk} = \frac{\rho}{1 + 0,01 * W}, \text{ g/cm}^3 \quad [28]$$

kur

$\rho$  - gamtinis tankis, g/cm<sup>3</sup>;

W – gamtinis drėgnis, %.

Apibūdinant smėlinius ir molinius gruntus labai svarbu žinoti jų tankį bei dalelių tankį. Dalelių tankis yra svarbus skaičiuojant kitus gruntų fizinės būsenos rodiklius, tankis apibūdina gruntų tankumą ir leidžia netiesiogiai spręsti apie jų stiprumą, spūdumą ir pastovumą. Be to jis naudojamas skaičiuojant:

Gamtinis tankis, kaip tiesioginis rodiklis naudojamas atliekant šias operacijas:

1. Skaičiuojant grunto slėgimą į atraminę sienutę;
2. Skaičiuojant šlaitų pastovumą;
3. Skaičiuojant pastatų nuosėdžius;
4. Skaičiuojant įtempimų pasiskirstymą gruntuose po pamato padu;
5. Nustatant žemės darbų apimtis ir pan.

Taip pat grunto tankis naudojamas klasifikuojant gruntus ir skaičiuojant grunto skeleto tankį ir poringumą.

Vidutinis tankis ir skeleto tankis arba sausio grunto tankis labiausiai tipišku gruntų pateiktas 24 lentelėje.

**24 lentelė** Gruntų tankio ir sauso grunto tankio vertės gamtinėse jų slūgsojimo sąlygose

Gruntas	Būseną	Tankis, g/cm <sup>3</sup>	Sauso grunto tankis, g/cm <sup>3</sup>
Žvyringi, stambūs ir vid. st. smėliai	Tankūs	>1,85	>1,75
-----	Vidutinio tankumo	1,65-1,85	1,55-1,70
-----	Purūs	<1,65	<1,55
Smulkūs ir dulkingi smėliai	Tankūs	>1,75	>1,65
-----	Vidutinio tankumo	1,60-1,75	1,50-1,65
-----	Purūs	<1,60	<1,50
Moliai, priemoliai, priesmėliai	Sutankinti	1,70-2,20	1,35-1,90
	Minkšti	1,10-1,70	0,80-1,35

Kadangi gruntų mechanikoje skaičiavimuose mes dažniausiai naudojame ne tankį, o savitąjį sunkį, todėl tankį reikia padauginti iš laisvojo kritimo pagreičio  $g=10\text{m/s}^2$ . Tada savitasis sunkis bus matuojamas  $\text{KN/m}^3$ , o ne  $\text{g/cm}^3$ , ar  $\text{kg/m}^3$ .

Laboratorinių tyrimų, atliktų Rūsteikių žvyro karjere, rezultatai pateikti 25 ir 26 lentelėse.

25 lentelė Gamtinio drėgno (W, %) Rūsteikių žvyro telkinyje apskaičiavimas

Bandinio Nr.	Paėmimo gylis, m	Biukso Nr.	Tuščio biukso masė q1, g	Biukso su gruntu masė q2, g	Išdž. gr. ir biukso masė q3, g	Išdž. grunto masė q3-q1, g	Džiovinimo nuostolis q2-q3, g	Gamtinis drėgnis W, %	Gamtinio drėgno vidurkis pagal monolitą (vieną grunto tipą)
1	1.0	340	20.67	46.00	44.76	24.09	1.24	5.15	4.11
2	1.4	198	20.72	39.94	39.28	18.56	0.66	3.56	
3	1.3	186	22.17	51.08	50.07	27.9	1.01	3.62	
4	1.5	117	22.27	49.66	48.75	26.48	0.91	3.44	17.73
5	0.6	222	21.14	44.30	40.84	19.7	3.46	17.56	
6	0.5	150	20.18	53.05	48.33	28.15	4.72	16.77	
7	0.7	137	22.21	55.95	50.6	28.39	5.35	18.84	11.51
8	0.4	216	21.38	49.79	46.57	25.19	3.22	12.78	
9	0.5	138	20.73	48.20	45.65	24.92	2.55	10.23	

26 lentelė Savitojo sunkio (γ, kN/m<sup>3</sup>) Rūsteikių žvyro telkinyje apskaičiavimas

Ziedo Nr. (karjerė)	Nuogulos	Bandinio Nr.	Žiedo masė m1, g	Žiedo tūris V, cm <sup>3</sup>	Žiedo su gruntu masė m2, g	Grunto masė m2 - m1, g	Grunto tankis ρ=(m2-m1)/V, g/cm <sup>3</sup>	Sauso grunto tankis ρs=ρ/(1+0.01W), g/cm <sup>3</sup>	Savitasis grunto sunkis γ=ρ * g, kN/m <sup>3</sup>	Savitasis sauso grunto sunkis γ=ρs * g, kN/m <sup>3</sup>	Vidurkiai pagal monolitą (vieną grunto tipą)	
											Savitasis grunto sunkis	Savitasis sauso grunto sunkis
2	smėlis sm.	1	79.66	140	312.67	233.01	1.664	1.583	16.644	15.829	16.664	16.007
		2	79.66	140	318.62	238.96	1.707	1.648	17.069	16.482		
4	smėlis sm.	3	79.66	140	307.58	227.92	1.628	1.571	16.280	15.711		
		4	79.66	140	303.99	224.33	1.602	1.549	16.024	15.491		
5	aleuritingas sm.	5	79.66	140	400.78	321.12	2.294	1.951	22.937	19.510	19.662	16.706
		6	79.66	140	334.96	255.30	1.824	1.562	18.236	15.617		
		7	79.66	140	329.05	249.39	1.781	1.499	17.814	14.989		
1	priemolis	8	79.66	140	367.28	287.62	2.054	1.822	20.544	18.216	20.430	18.323
		9	79.66	140	364.09	284.43	2.032	1.843	20.316	18.430		

---

### 2.2.3.2. Vidinės trinties kampo $\varphi$ ir sankibos $c$ nustatymas

Dvinarių (porinių) geotechninių parametrų (suminės sankibos ir vidinės trinties koeficiento) būdingosios vertės surandamos (Mikšys R.B., 2008 ):

- mažiausiųjų kvadratų būdu apskaičiavus Kulono-Navje ar Kulono-Moro priklausomybės regresijos koeficiento ir regresijos laisvojo nario vienpusio pasikliautinąjį intervalo nepalankiausių įvertinių nustatytam statmenųjų įtempių tarpiniui ir užduotam pasikliautinajam lygmeniui;

- mažiausiųjų kvadratų būdu apskaičiavus Kulono-Navje ar Kulono-Moro priklausomybės regresijos koeficiento ir regresijos laisvojo nario vertes iš vienmačių stiprumo parametrų pasikliautinąjį vienpusio intervalo nepalankiausiųjų įvertinių, atitinkančių užduotą pasikliautinąjį lygmenį.

Tam, kad galima būtų atlikti šiuos skaičiavimus, pirmiausia laboratorinių tyrimų metu nustatomas tiriamos medžiagos stiprumas – tai yra medžiagos savybė atlaikyti be pastebimų irimo požymių dėl išorinio poveikio (dėl apkrovų, temperatūros ir kt.) atsiradusius įtempimus. Medžiagos stiprumas įvertinamas ribiniu stiprumu, nustatytą esant tam tikros rūšies deformacijai. Statybinėms medžiagoms dažniausiai nustatomas stipris gniuždant/kerpant, imant kelis mėginius. Nustatyta, kad esant grunto savybės rodiklio verčių normaliajam skirstiniui, apibūdinamam elementariosiomis statistikomis, mažiausias būtinas grunto mėginių ar bandinių skaičius tos savybės būdingajai vertei apskaičiuoti turi būti nemažesnis kaip 7 iš vieno inžinerinio geologinio sluoksnio. Tik išbandžius ar ištyrus 7 mėginius ar bandinius gautos konkretaus rodiklio  $n = 7$  vertės sudaro pakankamąją imtį šio rodiklio būdingajai vertei surasti, kai yra užduotas ar nustatytas pasikliautinis lygmuo 0,95. Stipris gniuždant/kerpant apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\tau_f = \frac{P}{A} \left[ \frac{N}{mm^2} = MPa = \frac{kgf}{cm^2} \right], \quad [29]$$

kur  $P$  – ardančioji apkrova,  $A$  – apkrovimo plotas.

Kulono-Navje (Coulomb-Navier) empirinė priklausomybė aprašo stiprumą kerpant  $\tau_f$ :

$$\tau_f = \tan\varphi \cdot \sigma + c. \quad [30]$$



---

Šioje empirinėje tiesės lygtyje yra du **lygties parametrai**, nusakantys stiprumą tam tikroje įtempimų būklėje. Jie sudaro grunto stiprumą nusakančių geotechninių rodiklių porą – du narius.

Pirmasis iš jų -  **$\tan\varphi$**  – **vidinės trinties koeficientas**, kuris apsprendžia stiprumo kerpančiam  $\tau_f$  prieaugį, kai irsmo paviršiuje didėja statmenasis įtempis  $\sigma$ ; antrasis narys -  **$c$**  – **suminė sankiba**, nusakanti grunto rišlumą, susideda iš cementacinių sąsajų stiprumo, koloidinių dispersinių sąryšių stiprumo ir entropinio stiprumo. Sankiba kiekybiškai apibūdina grunto stiprumą, t.y., grunto pasipriešinimą irsmui, kai gruntas neveikiamas statmenųjų įtempimų, kai statmenojo įtempio vertė irsmo paviršiuje yra nulinė.

Atliekant grunto stiprumo išbandymus kerpančiam, pakopomis užduodami statmenieji slėgiai, kuriais modeliuojamas diskretus statmenojo įtempio verčių pakopinis didėjimas. Po to išmatuojamas šlyties įtempio didumas, kuriam esant gruntas praranda pasipriešinimo irsmui gebą, t.y., įvertinamos grunto stiprumo kerpančiam  $\tau_f$  vertės. Taigi, stiprumo kerpančiam  $\tau_f$  vertės priklauso nuo grunto įtemptumo

$$\tau_f = \alpha \cdot \sigma + b \quad [31]$$

Grunto erdvinio įtemptumo atveju, kai veikia svarbiausieji statmenieji įtempiai  $\sigma_1$  ir  $\sigma_2 = \sigma_3$ , grunto stiprumas išbandomas triašio gniuždymo aparatuose užduodant tam tikras mažojo svarbiausiojo (šoninio) įtempio  $\sigma_3$  vertes. Šiuo erdvinio įtemptumo atveju grunto pasipriešinimas irsmui aprašomas Moro-Kulono (Mohr-Coulomb) priklausomybe

$$\sin\varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + 2c \cdot \cot\varphi} \quad [32]$$

arba priklausomybe, pertvarkyta taip:

$$\sigma_1 = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \cdot \sigma_3 + 2c \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \quad [33]$$

Taigi, ir erdvinio įtemptumo būklėje gruntų stiprumą nusakantis didysis svarbiausiasis įtempis  $\sigma_1$  yra susietas su įtemptumą nusakančiu mažuoju svarbiausiuoju įtempiu  $\sigma_3$  tiesine priklausomybe

$$\sigma_1 = a \cdot \sigma_3 + b \quad [34]$$

arba

$$\sigma_1 = A \cdot \sigma_3 + \sigma_0 \quad [35]$$

Bandymų gruntą tiesiogiai kerpant ar gniuždant triašėje įtempumo būklėje empiriniai duomenys yra **statistiniai poriniai stebiniai**. Bandymo eigoje vienas įtempis turi fiksuotą užduotą neatsitiktinę vertę (bandymo kerpant procedūroje užduodama ir išlaikoma fiksuoto vienodo didumo vertikaliojo įtempio  $\sigma$  vertė, o triašio gniuždymo bandymo metu užduodamas ir išlaikomas nustatyto vienodo didumo fiksuotas mažojo svarbiausiojo įtempio  $\sigma_3$  didumas). Kai tarp sudvejintų kintamųjų, kurių vienas turi fiksuotą neatsitiktinę vertę, o kitas – atsitiktinę kintamąją vertę, reikia įvertinti porinės priklausomybės parametrus, pritaikome **regresinės analizės metodą**. Tam tikslui bandymų duomenys, kurie nusako neatsitiktinio ir atsitiktinio kintamųjų sąveiką, apdorojami Ležandro (A.-M. Legendre) **mažiausiųjų kvadratų būdu**, kad galima būtų surasti regresijos lygčių parametrus.

Taigi, inžinerinio geologinio sluoksnio grunto stiprumo geotechninių parametru  $\tan\varphi$  ir  $c$  būdingosios vertės  $\tan\varphi_k$  ir  $c_k$  surandamos mažiausiųjų kvadratų būdu linearizavus stiprumo kerpant būdingąsias vertes  $\tau_{fik}$  ir suradus regresijos koeficiento bei regresijos laisvojo nario vertes. Jos ir bus to grunto vidinės trinties koeficiento ir suminės sankibos būdingosios vertės  $\tan\varphi_k$  ir  $c_k$ . O stiprumo kerpant būdingoji regresija užrašoma

$$\tau_{fik} = \tan\varphi_k \cdot \sigma + c_k \text{ [kPa]} \quad [36]$$

Stiprumo kerpant regresijos lygties koeficientas, atitinkantis grunto vidinės trinties koeficiento būdingąją vertę, surandamas mažiausiųjų kvadratų būdu linearizuojant  $\tau_{fik}$  būdingųjų verčių priklausomybę nuo statmenojo įtempio  $\sigma_i$  lygmens

$$\tan\varphi_k = \frac{n \cdot \sum(\sigma_i \cdot \tau_{fik}) - \sum\sigma_i \cdot \sum\tau_{fik}}{n \cdot \sum\sigma_i^2 - (\sum\sigma_i)^2} \text{ [vnt.d.]} \quad [37]$$

Suminės sankibos būdingoji vertė  $c_k$  atitinka šios būdingosios regresijos lygties laisvojo nario vertę

$$c_k = \frac{\sum\sigma_i^2 \cdot \sum\tau_{fik} - \sum\sigma_i \cdot \sum(\sigma_i \cdot \tau_{fik})}{n \cdot \sum\sigma_i^2 - (\sum\sigma_i)^2} \text{ [kPa]} \quad [38]$$

Iš triašio gniuždymo duomenų surandamos grunto stiprumo parametru būdingosios vertės yra

$$\tan\varphi_k = \frac{A-1}{2 \cdot \sqrt{A}} \text{ [vnt. d.]} \quad [39]$$

$$\text{ir } c_k = \frac{\sigma_0}{2 \cdot \sqrt{A}} \text{ [kPa]} \quad [40], \quad \text{čia dydis } A = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \quad [41]$$

## Laboratorinių tyrimų, atliktų Rūsteikių žvyro karjere, rezultatai



**80 pav.** Stiprumo kerpant nustatymui panaudotas tiesioginio kirpimo aparatas

Atliekant tyrimus Rūsteikių žvyro karjere buvo nustatomas **stipris kerpant  $\tau$** .

Gruntas buvo bandomas tiesioginio kirpimo aparatu BCB 25 TY 34-72-10779-85 konsoliduoto kirpimo metodu su pastoviu greičiu, užduodant ir išlaikant fiksuoto vienodo dydžio vertikalųjį įtempį  $\sigma$  (tyrimai buvo atliekami prie  $\sigma = \underline{50, 100, 150 \text{ kPa}}$ ).

Stiprumas kerpant i-tuoju momentu skaičiuojamas pagal formulę:

$$\tau_i = 0,8244 \cdot \text{Din} - 0,8443 \text{ [g/sm}^2\text{]} \quad [42]$$

arba

$$\tau_i = [0,8244 \cdot \text{Din} - 0,8443] \cdot 100 \text{ [kPa]} \quad [43]$$

Pagal stiprumo kerpant gautus rezultatus, naudojant aukščiau aprašytą algoritmą buvo nustatytos tirta Rūsteikių telkinio grunto vidinis trinties kampas ir dalelių sankiba. Apibendrinti rezultatai pateikti 27 lentelėje.

### **2.2.3.3. Karjero borto stabilaus šlaito apskaičiavimas**

Kai turime laboratorinių tyrimų ir bandymų būdais būsimo karjero šlaito sudarančių gruntų nustatytus geotechninių parametrų būdingąsias vertes (vienetinį svorį (savitąjį tankį (sunkį))  $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>]; vidinės trinties kampą  $\varphi$  [°], suminę sankibą  $c$  [kPa]), apskaičiuojamos būsimo karjero šlaito darbiniai parametrai, užtikrinantys jų stabilumą. Tam tikslui yra įvedamas šlaito statumo saugos koeficientas ( $k_s$ ), nustatomas, kaip taisyklė 1,05...1,10 didumo, t.y. su 5...10% atsarga:

$$\gamma = \gamma_k \times k_s \quad [44], \quad c_d = c \frac{c_k}{k_s} \quad [45], \quad \tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi_k}{k_s} \quad [46].$$

Šlaito statumo saugos koeficientas pasirenkamas atsižvelgiant į geotechninę situaciją. Didesnis pasirenkamas esant sunkesniai grunto (didesnės  $\gamma_k$  vertės), mažesniai grunto stiprumui (mažesnės  $c_k$  ir  $\tan \varphi_k$  vertės).

**27 lentelė**  
**Stabilių šlaitų kampų Rūsteikių žvyro karjere apskaičiavimas**

*Naudojant gamtinių tankių:*

Žiedo Nr. (karjere)	Bandinių Nr.	Grunto tipas	Savitasis grunto sunkis $\gamma, \text{ kN/m}^3$	Sankiba $c, \text{ kPa}$	Vidinis trinties kampas $\text{tg}\phi$	Paėmimo gylis, m $h, \text{ m}$	Vidutinis slėgis nuo grunto svorio pado $P = \gamma \cdot h, \text{ kPa}$	Ribinis šlyties kampas		Pastovumo koeficientas $k_s$	Stabilus šlaito kampas ( $\beta$ ) pagal rekomendacijas
								$\text{tg}\phi_{rib} = \text{tg}\phi + c/P$	$\phi_{rib}, ^\circ$		
1	8,9	priemolis	20.430	5.027	0.681	0.45	9.194	1.228	51	1.1	Pagal PKB* 45 Pagal E.Šešką 33-36 Pagal Abramsoną ir kt.** 40-55
2	1,2,3	smelis sm.	16.664	16.422	0.272	1.3	21.663	1.030	46	1.1	40 30-33 36-38
5	5,6,7	aleurit. sm.	19.662	0.208	0.701	0.6	11.797	0.718	36	1.1	40 30-33 36-38

*Naudojant sauso grunto tankį:*

Žiedo Nr. (karjere)	Bandinių Nr.	Grunto tipas	Savitasis sauso grunto sunkis $\gamma, \text{ kN/m}^3$	Sankiba $c, \text{ kPa}$	Vidinis trinties kampas $\text{tg}\phi$	Paėmimo gylis, m $h, \text{ m}$	Vidutinis slėgis nuo grunto svorio pado $P = \gamma \cdot h, \text{ kPa}$	Ribinis šlyties kampas		Pastovumo koeficientas $k_s$	Stabilus šlaito kampas ( $\beta$ ) pagal rekomendacijas
								$\text{tg}\phi_{rib} = \text{tg}\phi + c/P$	$\phi_{rib}, ^\circ$		
1	8,9	priemolis	18.323	5.027	0.681	0.45	8.245	1.291	52	1.1	Pagal PKB* 45 Pagal E.Šešką 33-36 Pagal Abramsoną ir kt.** 40-55
2	1,2,3	smelis sm.	16.007	16.422	0.272	1.3	20.810	1.061	47	1.1	40 30-33 36-38
5	5,6,7	aleurit. sm.	16.706	0.208	0.701	0.6	10.023	0.722	36	1.1	40 30-33 36-38

\* - pagal Lietuvos taikomas projektavimo ir konstravimo biuro rekomendacijas

\*\* - pagal SSSR patvirtintas nerūdinių statybinių medžiagų technologinio projektavimo imonių normas

Gauti rezultatai atitinka stabilų šlaitų polinkio kampus, pateiktus rekomendacijose. Dėl šios priežasties, bei dėl brangiai kainuojančių tokio pobūdžio tyrimų, kituose išskirtuose tyrimų telkiniuose stabilų šlaitų polinkio kampai nebuvo nustatinėjami. Jų reikšmės buvo priimtos pagal rekomendacijas.

---

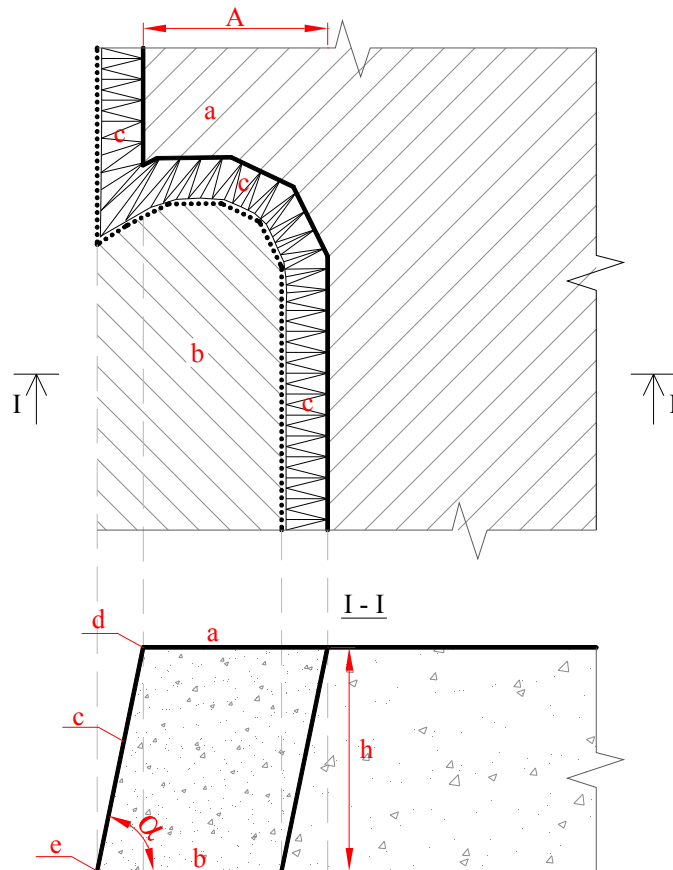
### 2.3. TELKINIO SKAIDYMO Į KASYBOS PAKOPAS PAGAL NAUDOJAMOS TECHNIKOS PARAMETRUS AUTOMATIZAVIMAS

Nerūdinės medžiagos priklausomai nuo jų slūgsojimo sąlygų gali būti išgaunamos trimis būdais: 1. atviruoju būdu – karjeruose, 2. požeminiu būdu – šachtose, 3. povandeniniu būdu – iš po vandeniu esančių telkinių (upėse, ežeruose, jūrose). Šiame darbe analizuojamas naudingųjų iškasenų išgavimas atviruoju būdu. Kasyba atviruoju būdu yra 2 – 2,5 karto pigesnė, negu šachtiniu būdu. Be to, darbas ne toks pavojingas, mažesni žaliavų nuostoliai, didesnis darbo našumas, yra ir kitų pranašumų (Валюжинич В.Я. и др., 1965; Мельников Н.В., 1968; Ржевский В.В., 1985; Трубецкой и др., 1994; Егоров и др., 2006; Deltuva J., Vaitkevičius, 2006; Городниченко В.И., Дмитриев А.П., 2008; Чирков А.С., 2009). Tačiau, kasant žaliavas atviruoju būdu, nuniokojami dideli žemės paviršiaus plotai, teršiami vandens telkiniai ir oro baseinas. Išnaudojus telkinį, nualintus plotus reikia tinkamai rekultivuoti.

Išgaunant išteklius atviruoju būdu, vykdomi nuodangos ir gavybos darbai. Nuodanga – yra gruntas, dengiantis naudingąsias iškasenas. Nuodangos pašalinimas vadinamas nuodangos darbais. Naudingosios iškasenos išgavimas vadinamas gavybos darbais. Priklausomai nuo turimos technikos parametrų (ekskavatoriaus/ krautuvo kasimo gylio, sėmimo aukščio, kasimo ir iškrovimo spindulių) nuodangos ir gavybos darbai gali būti vykdomi keliomis pakopomis. Pakopa – yra atskiras sluoksnis turintis profilyje laipto formą (80 pav). Kiekviena pakopa karjere turi savo aukščio altitudę.

Nuodangos ir gavybos pakopų skaičius bei išsidėstymas yra projektuojamas pagal turimos technikos parametrus, geomorfologinę situaciją bei telkinio geologinę sandarą. Yra nustatomas pakopų skaičius ir kiekvienos pakopos elementai. Pagal išskaičiuotą pakopos aukštį (storį), pakopos kraigo (viršaus), pado (apačios) altitudes yra sudaromi kiekvienos gavybos planai, kurie tolimesniuose projektavimo etapuose naudojami kalendoriniams planams sudaryti.

Disertaciniame darbe šis projektinių sprendinių etapas yra pateiktas Bogušiškių II 2 ir 3 sklypo telkinio pavyzdžiu. Šio telkinio abu sklypus numatyta kasti trimis gavybos pakopomis, taip pat kiekviename sklype planuojamos nuodangos pakopos. Pakopų planai atskirai nepateikiami, jie pritaikyti kalendoriniams planams sudaryti. Jų vaizdas pateiktas kitame, žemiau esančiame skyriuje – 2.4.



**81 pav. Pakopos elementai**

A – užėigos plotis,

a – viršutinė aikštelė (pakopos kraigas),

b – apatinė aikštelė (pakopos asla, padas),

c – pakopos šlaitas – nuožulnus paviršius tarp pakopos viršutinės ir apatinės aikštelių,

d – viršutinė briauna,

e – apatinė briauna,

h – pakopos aukštis – nustatomas vadovaujantis saugiu darbu ir priklauso nuo ekskavatoriaus techninių parametrų. Pakopos šlaito aukštis neturi viršyti maksimalaus ekskavatoriaus kasimo aukščio arba gylio.

$\alpha$  – pakopos šlaito kampas.

#### **2.4. IŠKASAMŲ ERDVŪ APSKAIČIAVIMAS IR DINAMINIŲ KASYBOS TEMPŲ PLANŲ SUDARYMAS**

Išanalizavus kasybos situaciją, nustačius naudingosios iškasenos išgavimui reikalingų pakopų skaičių, sudarius kiekvienos pakopos paviršiaus planą, vėliau sujungus visas pakopas į vieną visumą ir pridėjus prie nepažeisto telkinio paviršiaus

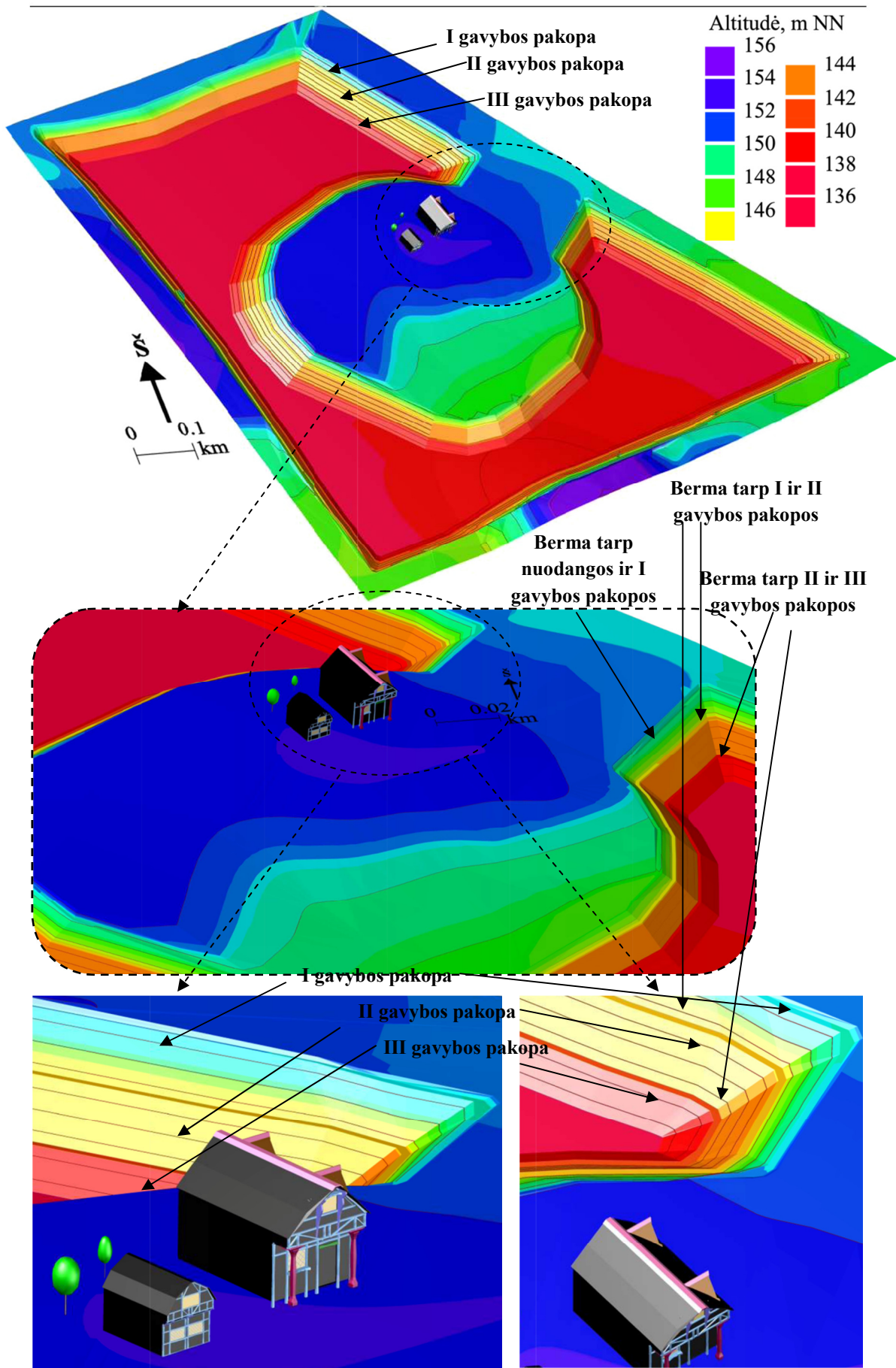


---

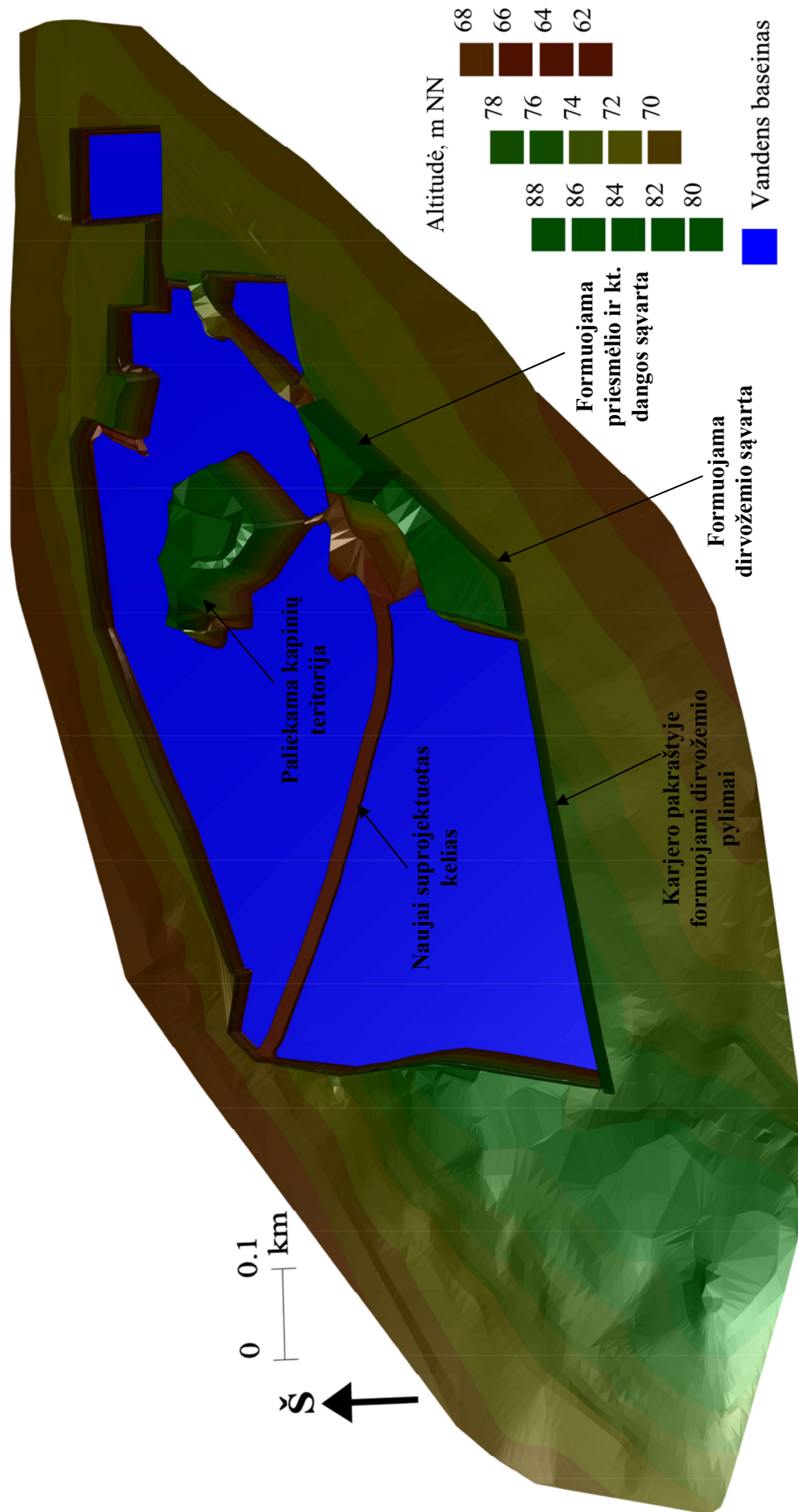
gauname iškasto karjero planą, kurio pagrindu galima atlikti iškasamų erdvių apskaičiavimą. Visi šie darbai atliekami programinėje įrangoje Geomap 2010. Paviršių kūrimas vyksta pagal tą pačią technologiją kaip ir litologinių atmainų paviršių. Pačioje pradžioje kuriami planuojamo iškasti naudingo klodo kraigo ir pado paviršiai. Duomenys jiems sukurti įkeliami iš Microsoft Excel, naudojant tekstinių duomenų perdavimo formatą (CSV (.Comma delimited)). Toliau vyksta pakopų nejudinamos juostos nustatymas, pirmos gavybos pakopos šlaito viršaus radimas. Metodika aprašyta 2 skyriuje 2.1.2 poskyryje. Galiausiai atliekame „šlaitavimą“ – tai yra kiekvienos gavybos pakopos nedarbo šlaitų padėčių projektavimą. Tam nurodomas skaičiuojamos pakopos nedarbo šlaito polinkio kampas ir pasirenkami paviršiai nuo kuriuo iki kuriuo turi būti atliktas „šlaitavimas“, pvz.: tarp pirmos gavybos pakopos kraigo ir antros gavybos pakopos kraigo. Tokiu būdu gauname gavybos pakopos šlaito apačią. Jeigu projektuojamas karjeras yra negylus, surasta gavybos pakopos šlaito apačia yra sekančios gavybos pakopos šlaito viršus. Tokiu atveju tęsiame „šlaitavimą“ tol, kol surandame visų šlaitų padėtį. Jeigu karjeras yra gilus, tai tarp gavybos pakopų yra paliekamos bermos. Berma yra horizontali aikštelė karjero, kelio, pylimo arba iškasos, užtvankos šlaitui sutvirtinti. Bermų projektavimui tarp „šlaitavimo“ komandų atliekame papildomų linijų įvedimą. Lietuvos sąlygomis, karjero šlaitų stabilumui užtikrinti pakanka palikti 1 m pločio berma. Žinodami, kokio tiksliai pločio berma yra reikalinga, tiesiog atliekame šlaito apačios kopijavimą su perkėlimu, nurodant projektuojamos bermos plotį. Tokiu būdu gauname sekančios gavybos pakopos šlaito viršaus liniją ir vėl vykdomė „šlaitavimą“.

Iškasto karjero plane dar atvaizduojami suprojektuoti dirvožemio ir kitos dangos pylimai, sąvartos, žaliavos išvežimo kelias, reikalui esant – kiti objektai.

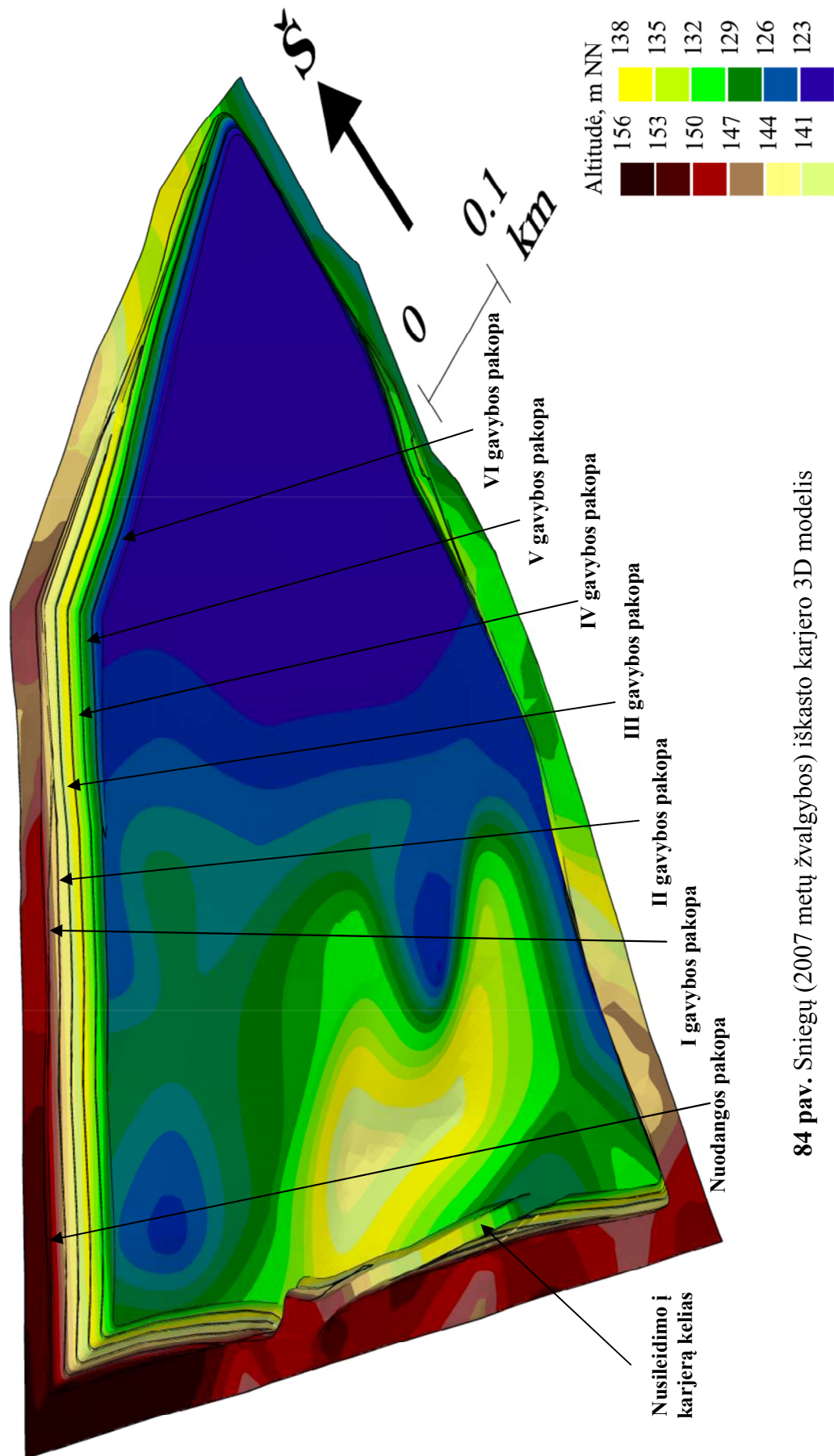
Disertaciniame darbe pateikti Bogušiškių II 2 sklypo – 82 pav., Kušlėnų – 83 pav., Sniegių (2007 metų žvalgybos) – 84 pav., Rūsteikių (1975 metų žvalgybos) – 85 pav., Šklėrių (2006 metų žvalgybos) – 86 pav. iškastų karjerų 3D modeliai.



82 pav. Bogušiškių II 2 sklypo iškasto karjero 3D modelis



83 pav. Kušlėnų iškasto karjero 3D modelis

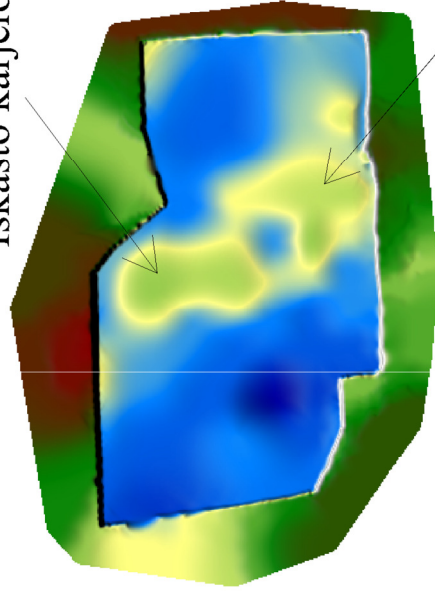


84 pav. Sniegu (2007 metų žvalgybos) iškasto karjero 3D modelis



## Vaizdas iš viršaus

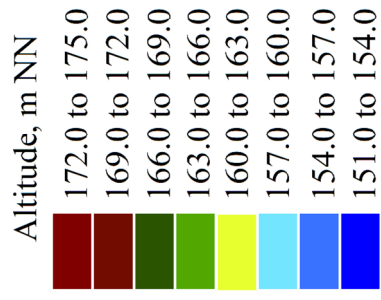
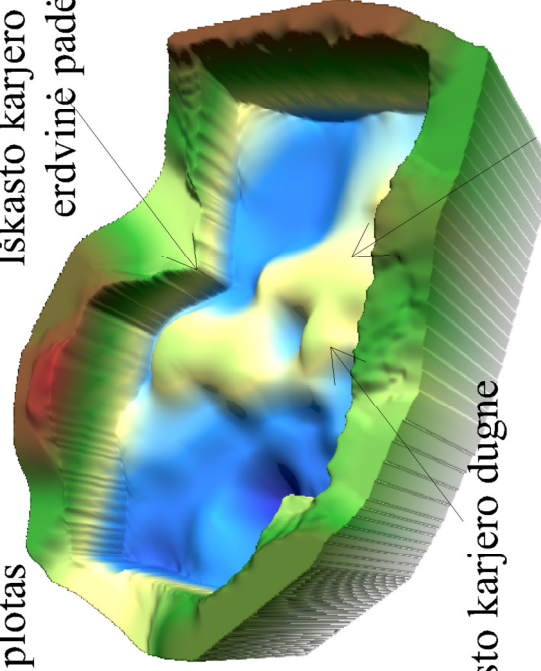
Iškasto karjero plotas



Pakilimas iškasto karjero dugne

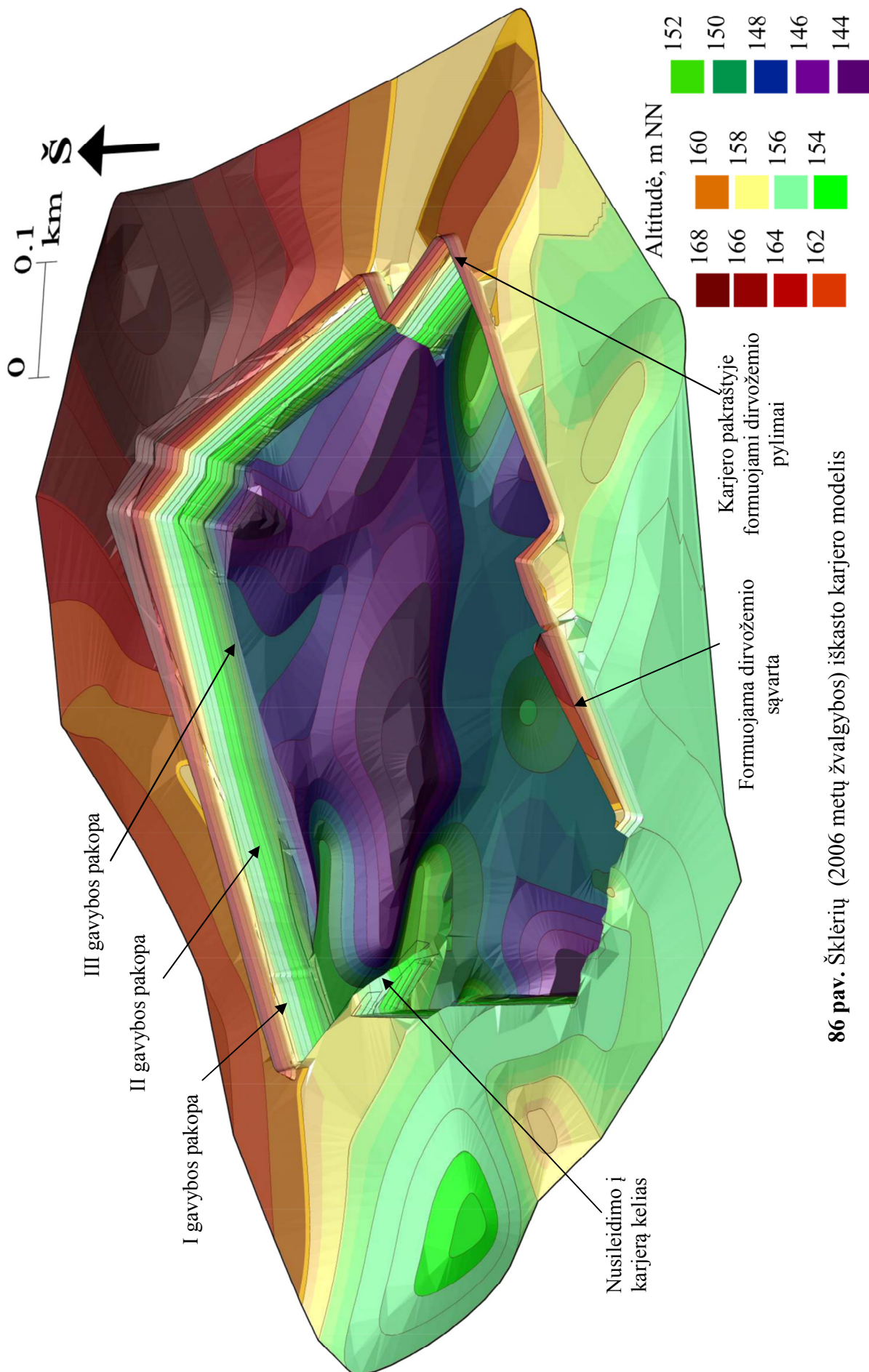
## 3D modelis

Iškasto karjero šlaitų  
erdvinė padėtis



Planuojamo nusileidimo į karjerą kelio vieta

85 pav. Rūsteikių (1975 metų žvalgybos) iškasto karjero modelis

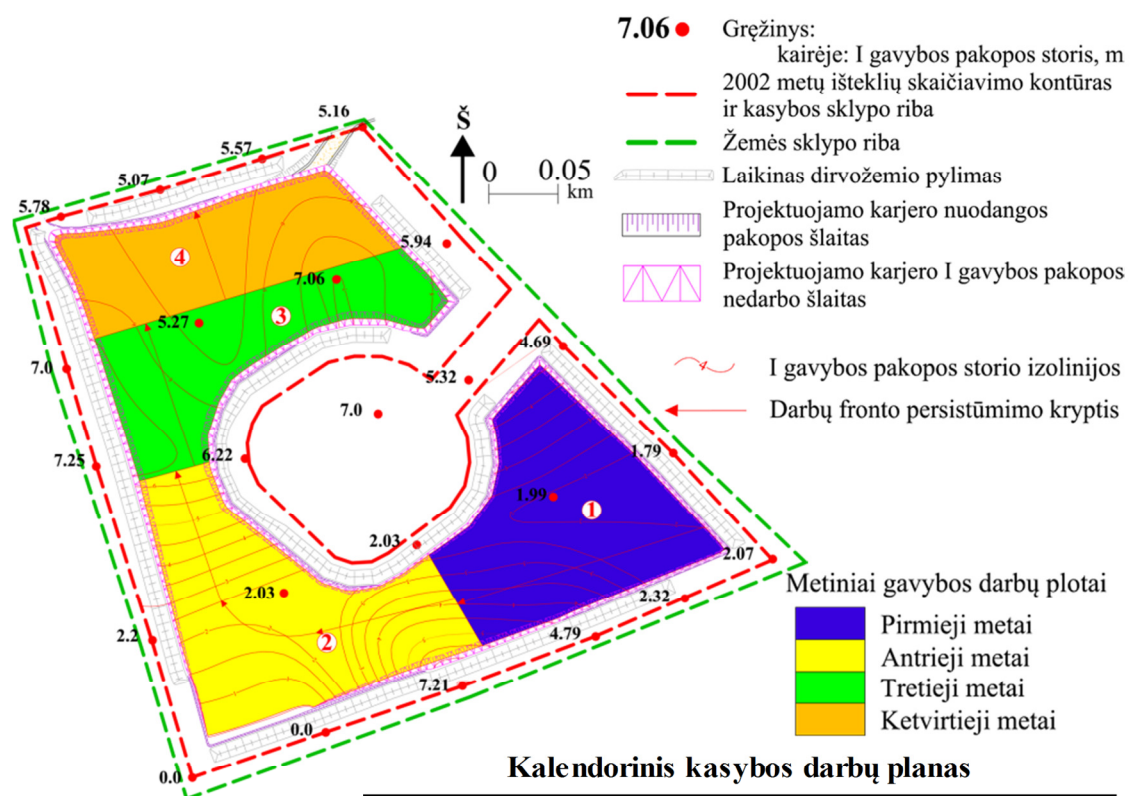


86 pav. Šklėrių (2006 metų žvalgybos) iškasto karjero modelis



Telkinio kasybos kalendoriniai planai sudaromi pagal planuojamą metinį naudingosios iškasenos poreikį, įskaitant žaliavos pervežimo nuostolius, kurie sudaro 1 % nuo planuojamo metinio žaliavos poreikio. Pagal šiuo metu galiojančias naudingųjų iškasenų (išskyrus angliavandenilius) išteklių ir žemės gelmių ertmių naudojimo projektų rengimo taisykles (patvirtintos Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos direktoriaus 2005 m. rugsėjo 5 d. įsakymu Nr. 1-107) kasybos darbų plano skaičiavimai sudaromi pamečiui pirmiems penkiems metams, o toliau – dviem penkmečiams ir iki karjero eksploatacijos pabaigos. Kalendorinių planų sudarymas taip pat yra automatizuotas. Naudojami sudarytų pakopų paviršiai. Planavimui reikia nurodyti metinį žaliavos poreikį, pradinės ekskavatoriaus aikštelės padėtį (tai yra liniją nuo kurios bus pradėta gavyba), gavybos darbų fronto perstūmimo kryptį.

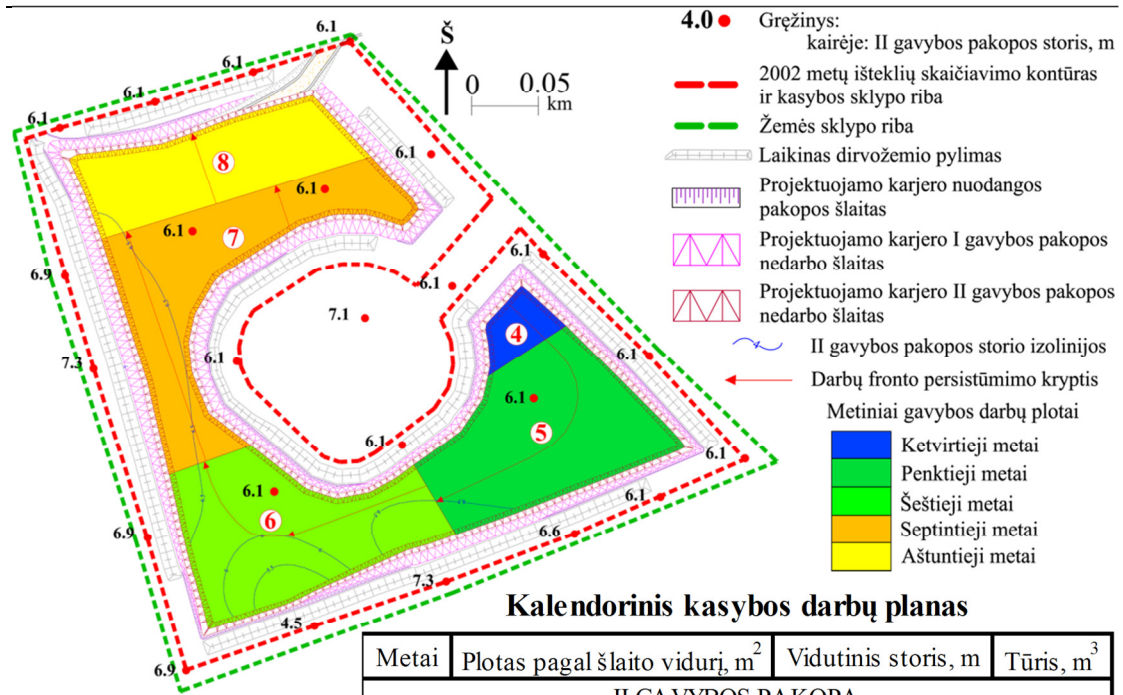
Disertaciniame darbe pateikti Bogušiškių II telkinio 2 ir 3 sklypų kalendoriniai kasybos tempų (darbų) planai kiekvienai gavybos pakopai.



**Kalendorinis kasybos darbų planas**

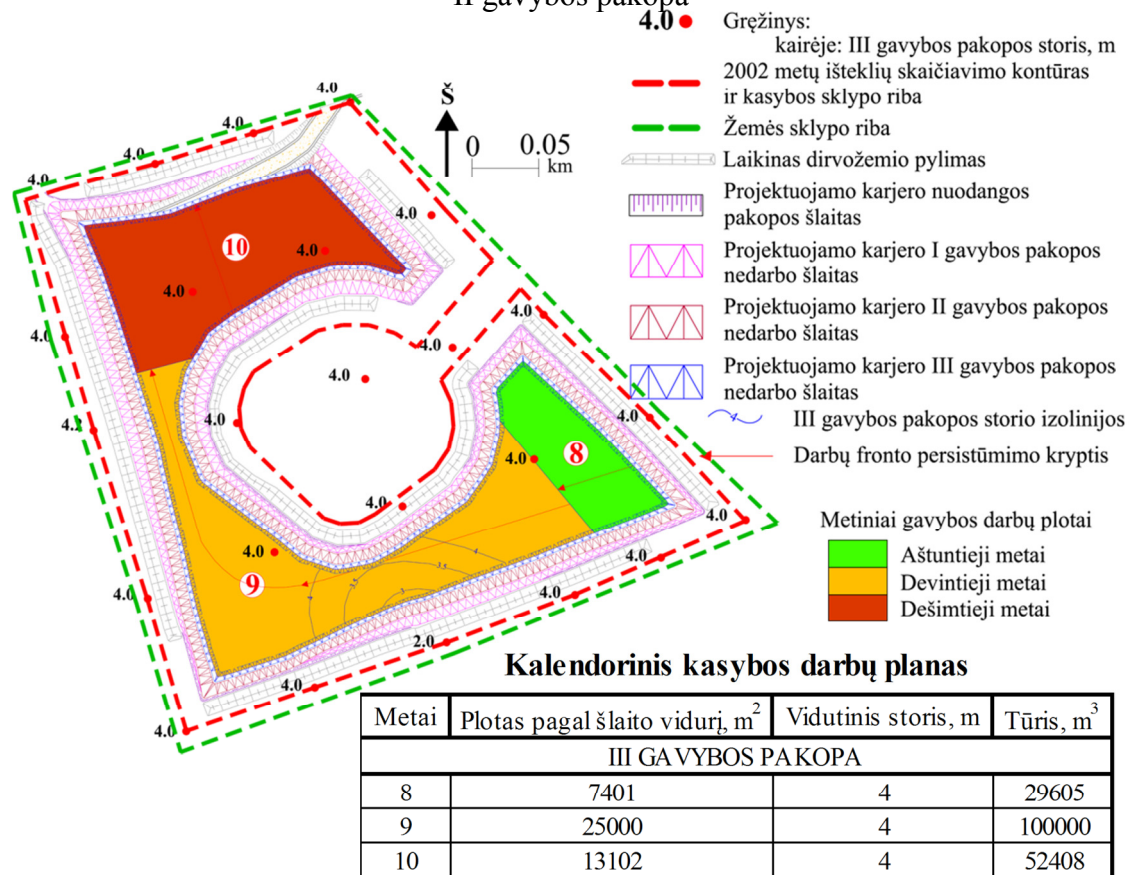
Metai	Plotas pagal šlaito vidurį, m <sup>2</sup>	Vidutinis storis, m	Tūris, m <sup>3</sup>
I GAVYBOS PAKOPA			
1	21776	2,9	63150
2	23256	4,3	100000
3	15504	6,5	100000
4	15120	5,8	86940

**87 pav.** Bogušiškių II telkinio 2 sklypo kalendorinių kasybos darbų planas.  
 I gavybos pakopa



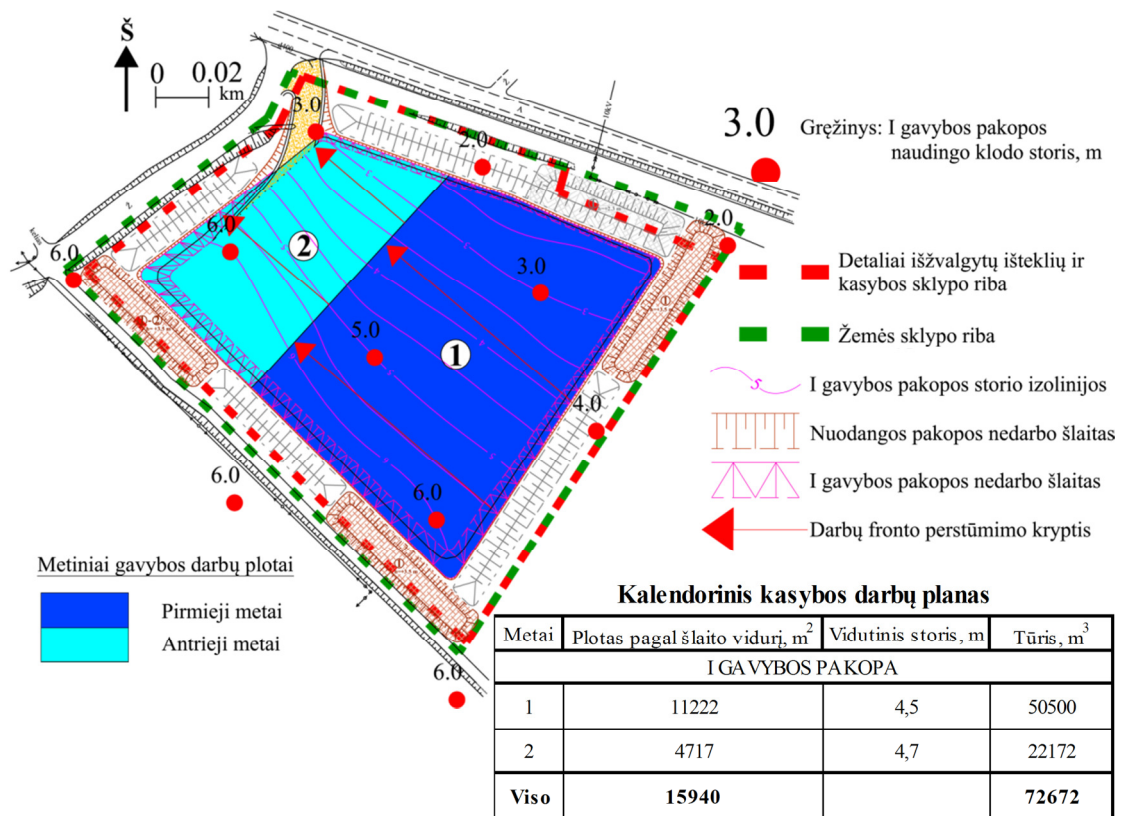
88 pav. Bogušiškių II telkinio 2 sklypo kalendorinių kasybos darbų planas.

II gavybos pakopa

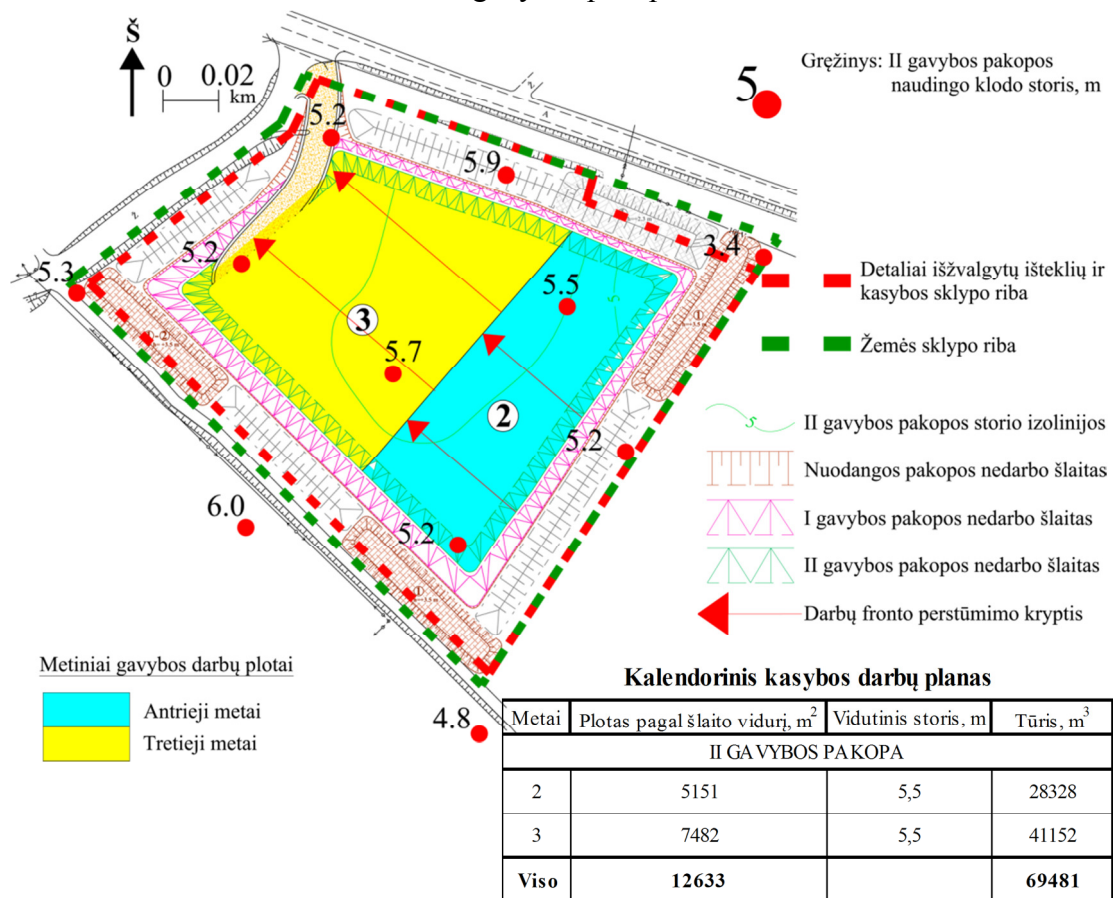


89 pav. Bogušiškių II telkinio 2 sklypo kalendorinių kasybos darbų planas.

III gavybos pakopa

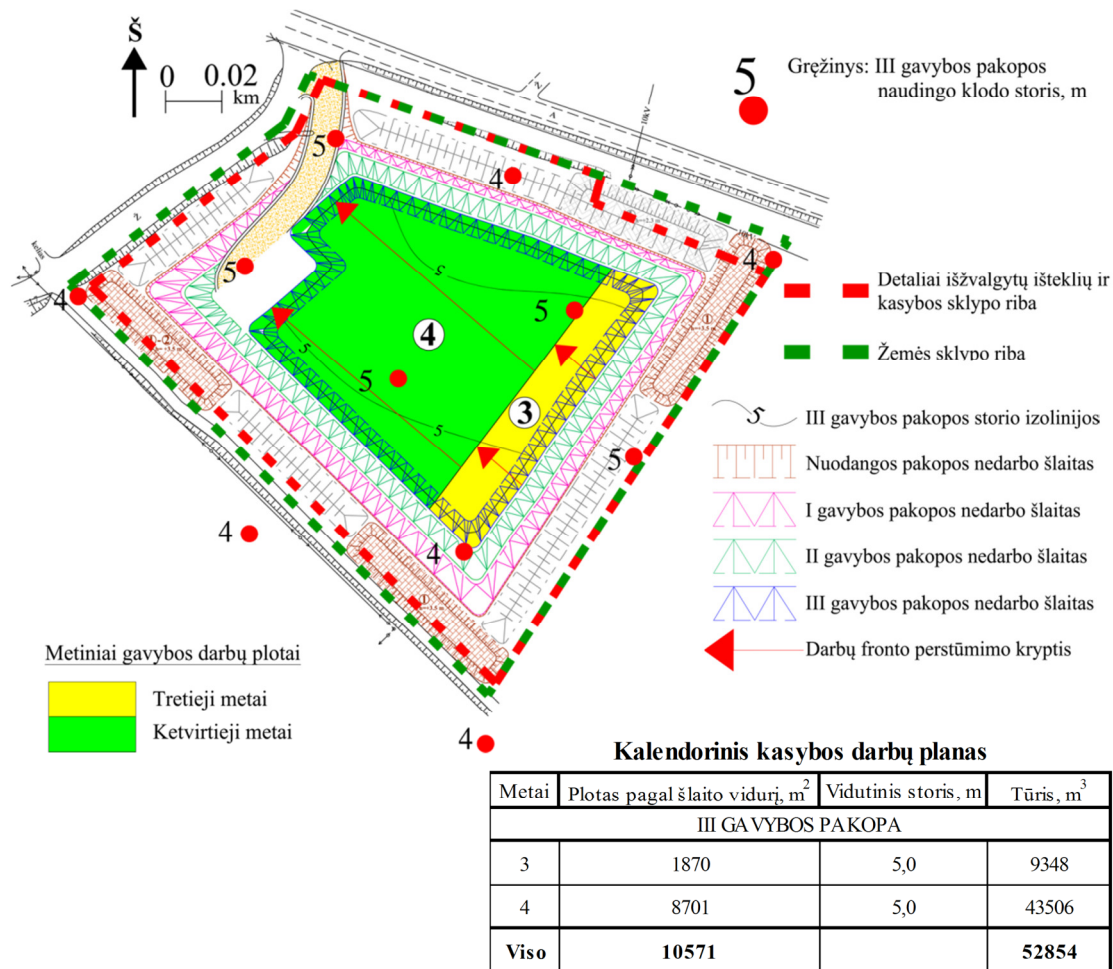


90 pav. Bogušiškių II telkinio 3 sklypo kalendorinių kasybos darbų planas.  
I gavybos pakopa



91 pav. Bogušiškių II telkinio 3 sklypo kalendorinių kasybos darbų planas.  
II gavybos pakopa





92 pav. Bogušiškių II telkinio 3 sklypo kalendorinių kasybos darbų planas.  
III gavybos pakopa

## 2.5. KASYBOS METU PAŽEISTŲ TERITORIJŲ INTEGRAVIMAS Į LANDŠAFTĄ

Naudingųjų iškasenų gavybos plėtra, racionali gamtonauda ir gamtinės aplinkos išsaugojimas – sunkiai tarpusavyje suderinamos interesų sritys. Bet kokios žmogaus ūkinės veiklos plėtojimas beveik visada yra susijęs su gamtinių išteklių naudojimu ir technogeninio poveikio gamtinei aplinkai didėjimu. Išteklius taupančios technologijos ir netgi technologijos be atliekų tik sumažina šį poveikį ir nutolina negatyvias pasekmes, tačiau jų visiškai nepanaikina.

Gamtinės sąlygos - geologinė-geomorfologinė sandara, hidrometeorologinis režimas, litodinaminiai procesai, landšafto ypatybės - yra vieni svarbiausių veiksnių, nuo kurių priklauso ūkinės veiklos pobūdis. Gamtinės aplinkos ir visuomenės, kaip vienos nedalios visumos, subalansuotos plėtos principas priimtas pasaulio valstybių vadovų Rio de Ženeiro konferencijoje 1992 metais (S. Gulbinskas, 1998).

---

Ilgus dešimtmečius egzistavo dvi priešingos gamtinių išteklių koncepcijos: pirmoji - išteklių naudojimas (kuo daugiau imame, tuo geriau); antroji - išteklių apsauga (ribojanti ir net draudžianti ūkinę veiklą). Šios dvi žmonių veiklos sferos buvo viena kitai priešinos. Manyta, kad jos yra tarpusavyje nesuderinamos. Dabar pereinama prie subalansuoto gamtinio potencialo naudojimo, apimančio ne tik išteklių eksploatavimą, bet ir jų apsaugą.

Naudingųjų iškasenų gavybą galima suskirstyti į neracionalią ir racionalią. Neracionali - tai žalingas žmogaus poveikis gamtai, gamtinių sąlygų ir išteklių neracionalus naudojimas, dėl kurio blogėja gamtinės sąlygos. Racionali - tai ekonomiškai naudinga gamtonauda, kartu nukreipta kurti ir saugoti optimalias žmogaus gyvenimo ir veiklos sąlygas. Dabar ekonominiai, socialiniai ir gamtiniai procesai yra labai glaudžiai susiję. Ne veltui Jungtinė tautų organizacija 1997 metais patvirtindama naują naudingųjų išteklių klasifikaciją, nurodė 3 svarbiausias charakteristikas: geologinio tyrimo, naudojimo galimybių, ekonominės vertės laipsnius. Todėl šiuolaikinę naudingųjų iškasenų industriją būtina vertinti kaip sudėtingos socialinės-ekologinės sistemos funkcionavimą, o ne priešinti ekonomikos plėtrą gamtinei sistemai. Šiuolaikinės racionalios naudingųjų iškasenų išteklių naudojimo koncepcijos esmė - tai subalansuota sąveika, kuri apima įvairių veiklos sričių optimizavimą, susijusį su išteklių naudotojais ir gamtinės aplinkos būkle, siekiant maksimalaus ekonominio efektyvumo. Pagal šį ekonominį-ekologinį požiūrį (ekonominių ir ekologinių kriterijų optimalus suderinimas) išteklių naudojimas turi būti tarpusavyje susietas derinant įvairių industrijos sričių poreikius ir gamtosauginius reikalavimus. Pvz., patvirtintų naudingųjų iškasenų telkinių vietose neturėtų atsirasti gyvenamieji namai arba kiti pastatai. Vykdam teritorijų planavimo veiklą, turi būti atkreiptas dėmesys į geologinę teritorijos būklę.

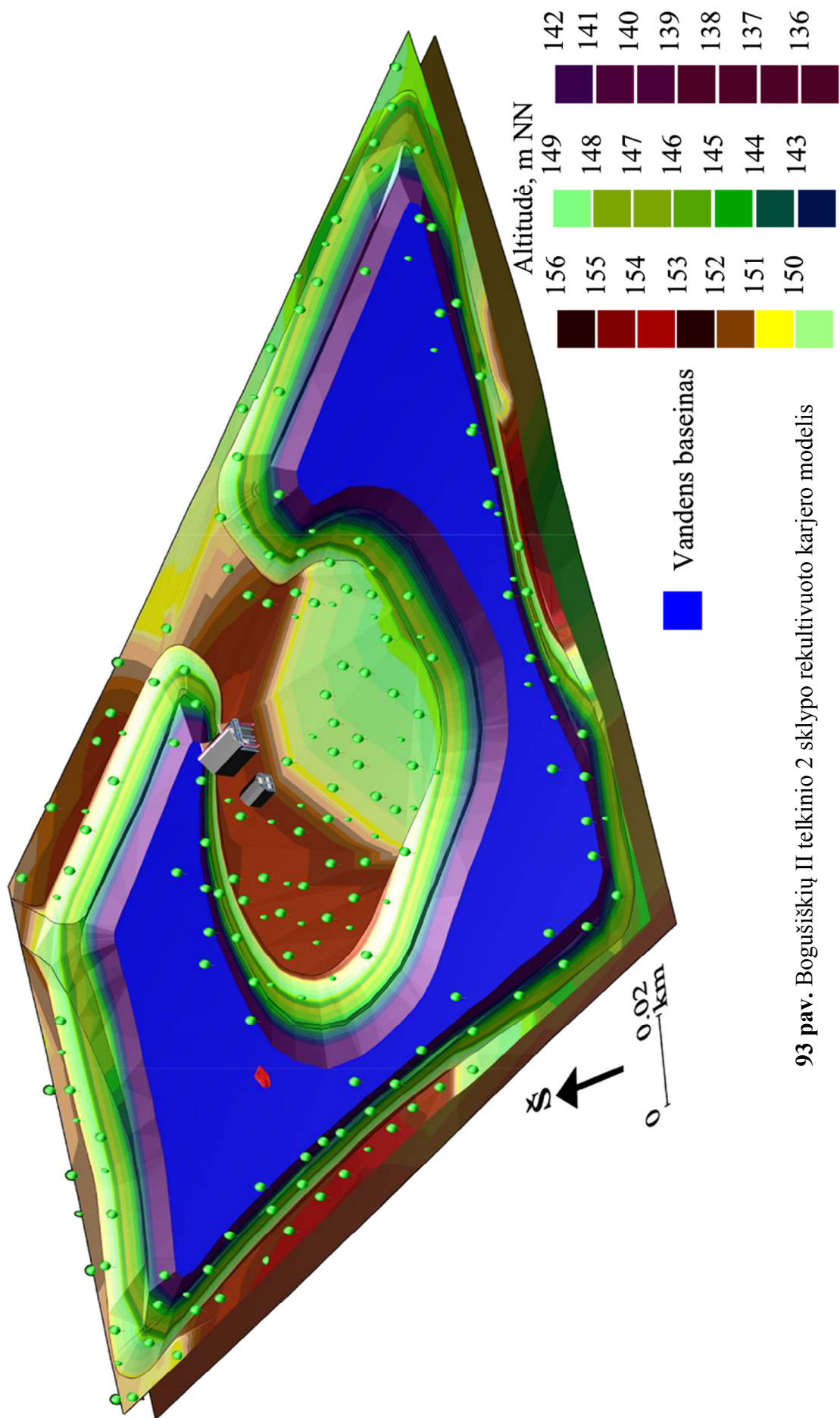
Civilizacijos eigoje pirmiausia iškyla ūkiniai (materialiniai) interesai, juos patenkinus, susidomima ekologinėmis problemomis ir galiausiai tenkinami estetiški poreikiai. Taip ir naudingųjų iškasenų veikloje, pirmiausia kasame (tenkiname naudingųjų iškasenų poreikius), stebime ekologinę situaciją, galiausiai atliekame iškastos teritorijos rekultivavimą – kasybos metu pažeistų teritorijų integravimą į landšaftą. Svarbu jau telkinio naudojimo projekto sudarymo metu numatyti tinkamą rekultivavimo būdą ir terminus. Šis reikalavimas atitinka aplinkosauginio teritorinio planavimo tikslą: pereiti nuo kovos su pasekmėmis prie kovos su priežastimis,

---

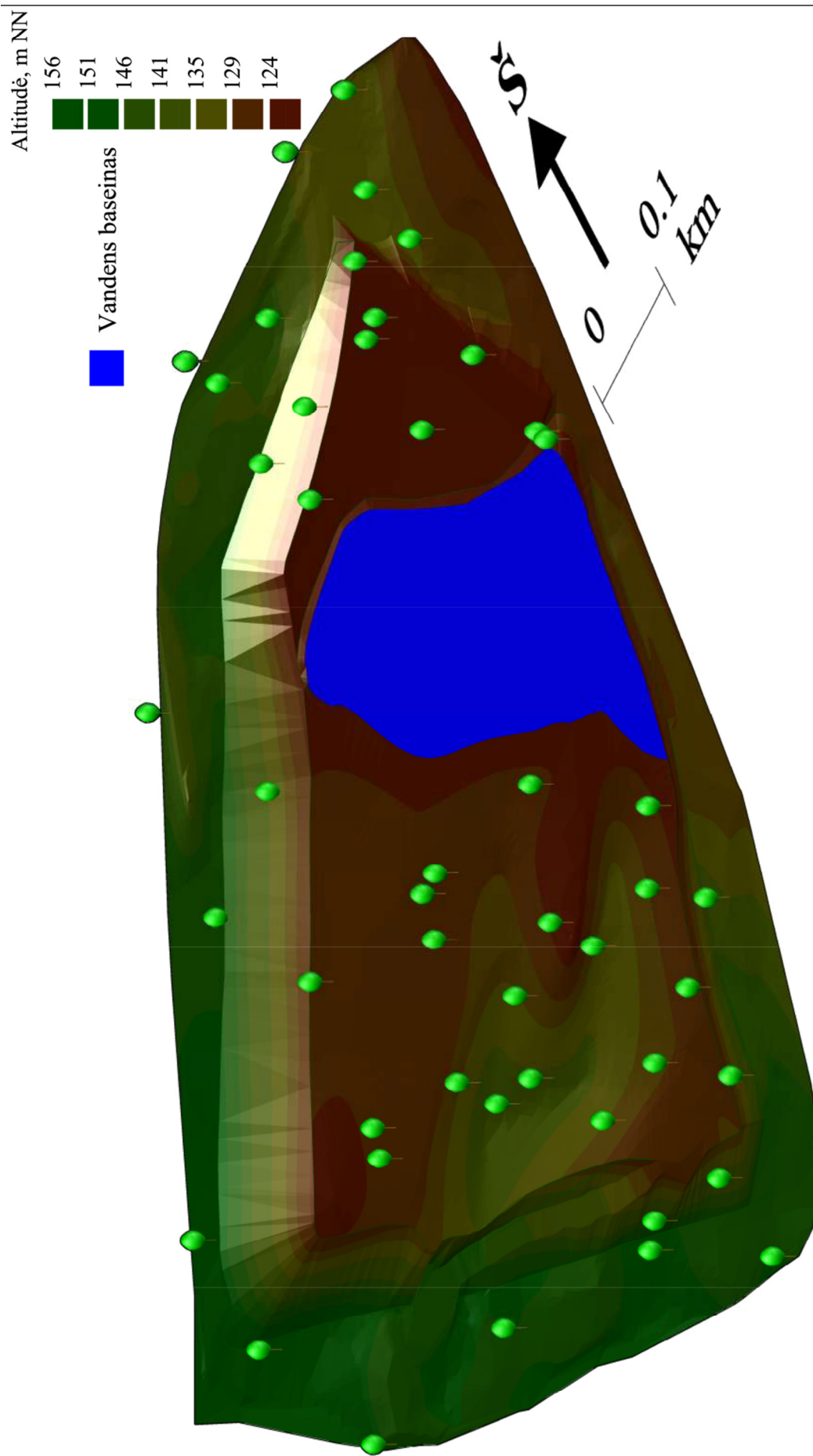
planuojant atsižvelgti ne tik į poreikius, bet ir paisyti apribojimų, nuosekliai rengti ir įgyvendinti teritorinio planavimo dokumentus. Tai yra planuojant nepažeisti specialių žemės ir miško naudojimo sąlygų, išsaugoti kultūros vertybes.

Disertaciniame darbe pateikti Bogušiškių II telkinio 2 sklypo, Sniegių (2007 metų žvalgybos), Šklėrių (2006 metų žvalgybos) rekultivuotų karjerų modeliai. Matome, kad Bogušiškių II telkinio 2 sklypo viduryje išlieka gyvenamoji sodyba. Visa naudingosios iškasenos eksploatavimo periodą buvo numatyta jos apsaugos zona, taip pat privažiavimo kelias ir jo sanitarinė apsaugos zona. Rekultivavus šį karjerą sodyba atsiduria pusiasalyje. Plotas tampa perspektyvia rekreacine zona. Sniegių karjeras iš dalies bus rekultivuotas į vandens baseiną (formuojamas vienas vandens telkinys), iš dalies į mišką. Šią zoną galima būtų pritaikyti žuvivaisai. Šklėrių telkinyje numatoma suformuoti tris atskirus vandens baseinus. Šioje zonoje galima būtų plėtoti gyvenamųjų namų statybą.

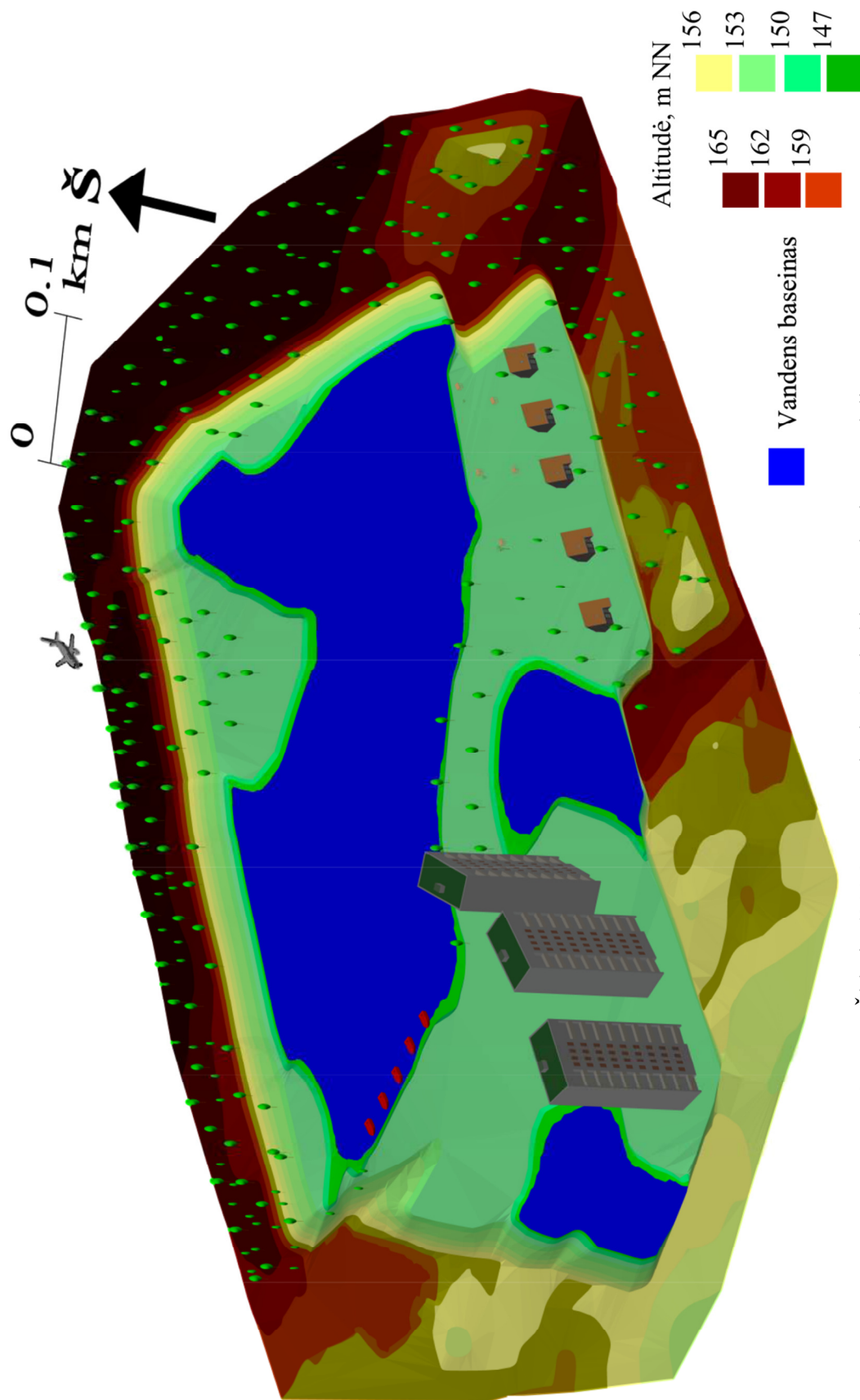




93 pav. Bogušiškių II telkinio 2 sklypo rekonstruoto karjero modelis



94 pav. Sniegių (2007 metų žvalgybos) rekonstruoto karjero modelis



95 pav. Šklėrių (2006 metų žvalgybos) rekvituoto karjero modelis

---

### **III. KASYBOS APIMČIŲ PAGAL MARKŠEIDERINIUS APMATAVIMUS APSKAIČIAVIMO AUTOMATIZAVIMAS PANAUDOJANT DINAMINIUS IŠTEKLIŲ APSKAIČIAVIMO PLANUS**

Pagal Markšeiderinių darbų atlikimo kietųjų naudingųjų iškasenų telkiniuose laikinąsias taisykles (patvirtintos Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos direktoriaus 2003 m. sausio 10 d. įsakymu Nr. 1-01) “detaliai išžvalgyto kietųjų naudingųjų iškasenų telkinio markšeiderinis planas sudaromas vadovaujantis grafine ir informacine medžiaga, sukaupta telkinio detalios geologinės žvalgybos ataskaitoje. Plano sudarytojas visais atvejais privalo telkinio būklę natūroje palyginti su topografinė nuotrauka ir, esant reikalui, atlikti telkinio ploto paviršiaus pasikeitimų nuotrauką“. “Naudojamo telkinio (išskyrus durpynus) markšeiderinis planas turi būti atnaujinamas kasmet (metų gale), jeigu metinė gavyba pasiekia arba viršija 10 tūkst. kub. m žaliavos. Jeigu metinė gavyba yra mažesnė už 10 tūkst. kub. m, markšeiderinis planas atnaujinamas, kai kelių metų gavyba pasiekia nurodytą kiekį, tačiau šis periodas visais atvejais neturi būti ilgesnis kaip 3 metai. Naudojamų durpynų markšeideriniai planai turi būti atnaujinami ne rečiau kaip kas 3–5 metai.“

Markšeideriniame plane turi būti išskiriami plotai, kuriuose buvo vykdomi gavybos darbai nuo paskutinio anksčiau atlikto markšeiderinio apmatavimo. Išskirtuose plotuose apskaičiuojami išgautos iškasenos, nuimtas dangos (atskirai įvertinant nuimto dirvožemio) kiekiai ir eksploataciniai naudingosios iškasenos nuostoliai. Eksploataciniai naudingosios iškasenos nuostoliai skaičiuojami apskaitomo laikotarpio kasybos darbų plote, vadovaujantis telkinio naudojimo projektu.

Šių markšeiderinių uždavinių operatyvus ir teisingas sprendimas yra būtinas pagrindas teisingam planavimui, gavybos darbų kasybos krypties parinkimui, keitimui, sudaryto telkinio naudojimo projekto vykdymo kontrolei, išteklių balansui ir nuostoliams vertinti. Apskaičiuotas nuostolių kiekis, Lietuvos geologijos tarnyboje įvertinus jų pagrįstumą, yra išbraukiamas iš telkinio išteklių balanso.

Aukščiau nurodytų darbų automatizacija yra labai aktuali, kadangi sutrumpina jiems atlikti skiriamą darbo laiką, kelia rezultatų patikimumą ir kokybę.

---

Telkinio detalios žvalgybos bei kasybos projektavimo darbų metu sudarius dinامينius išteklių apskaičiavimo planus, markšeiderinių apmatavimų metu išteklių kiekiui apskaičiuoti reikia nustatyti tik gavybos pažeistų plotų paviršiaus altitudes. Pagal jas sudaromas naudingosios iškasenos paviršiaus planas markšeiderinių apmatavimų atlikimo dienai. Tūris, esantis tarp šio plano ir nepažeisto karjero naudingosios iškasenos kraigo arba prieš tai atliktų markšeiderinių apmatavimų naudingosios iškasenos paviršiaus, sudarys iškastą per skaičiuojamą laikotarpį tūrį. Iš skaičiuojamo laikotarpio pradžioje esančio naudingo sluoksnio tūrio atėmus iškastą per skaičiuojamuosius metus naudingo sluoksnio tūrį, gauname išteklių likutį skaičiuojamo laikotarpio pabaigai. Naujai sudarytas naudingosios iškasenos paviršius bus atramos taškas kitų metų išgautam kiekiui skaičiuoti.

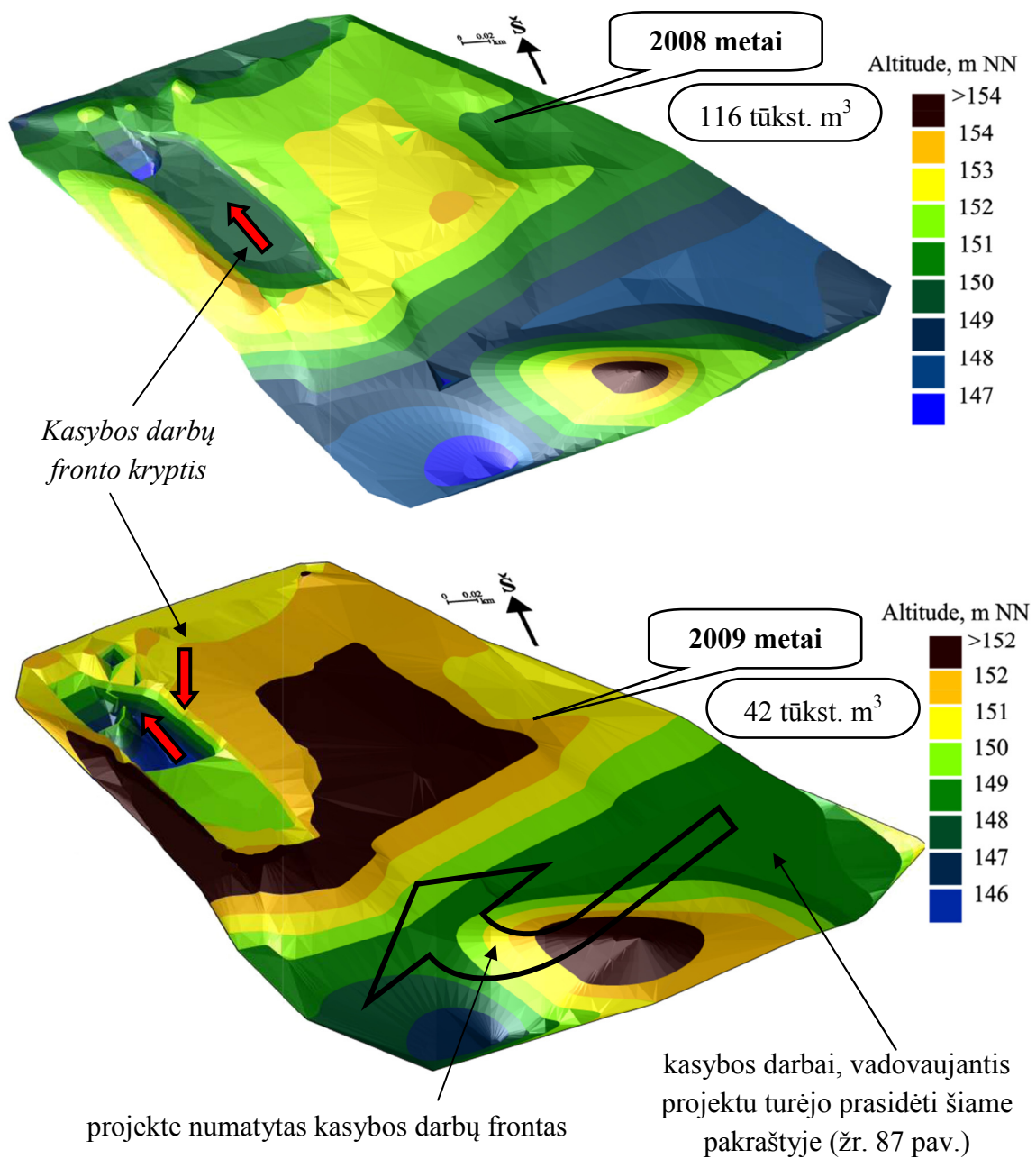
Disertaciniame darbe pateikiama Bogušiškių II telkinio 2 ir 3 sklypų gavybos proceso analizė.

Bogušiškių II telkinio 2 sklypas disertacinio darbo sudarymo dienai buvo eksploatuojamas du metus. 96 pav. yra pateikta jo eksploatavimo analizė. 2008 metais iš šio telkinio klodo buvo iškasta 116 tūkst. m<sup>3</sup>. Turėjo būti iškasta 63 tūkst. m<sup>3</sup>. Šį telkinį eksploatuoja UAB „Alkesta“. Ji taip pat eksploatuoja Bogušiškių 1 sklypą ir 1999 metų žvalgybos sklypą. Gavyba 2 sklype buvo planuojama kaip tęstinė, išeksploatavus 1 sklypo išteklius. Metinis poreikis turėtų sudaryti 100 tūkst. m<sup>3</sup>. Paskutiniaisiais 1 sklypo eksploatavimo kalendoriniais metais iš šio sklypo klodo buvo planuojama paimti 37 tūkst. m<sup>3</sup>, todėl dalis išteklių tais pačiais kalendoriniais metais buvo paimama iš 2 sklypo. Tačiau, kaip matome pagal atliktus markšeiderinius apmatavimus, iškastas kiekis viršija planuotą. Be to, pastebime, kad pradėta naudingųjų iškasenų gavyba kitoje negu numatyta projekte vietoje (žr. 87 pav.). 2009 metais iškastas išteklių kiekis sudarė 42 tūkst. m<sup>3</sup>. Gavyba vyko toje pačioje vietoje – gilyn.

Duomenys apie Bogušiškių 3 sklypo eksploatavimą buvo paimti už trijų metų (2006, 2007 ir 2008) laikotarpį. Šį sklypą eksploatuoja UAB „Skirnuva“. 97 - 98 pav. pateikta šio telkinio eksploatavimo analizė. 97 pav. pateikti kiekvienų nagrinėjamų metų paviršių 3D modeliai, o 98 pav. tarp šių paviršių sugeneruoti kūnai – tai yra išgautos naudingosios iškasenos kūnai. Sukurtų modelių pagrindu buvo atliktas iškasto kiekio apskaičiavimas. Skaičiavimams naudotas aukščiau aprašytas „GRID“ metodas. 2006 metais Bogušiškių II telkinio 3 sklype buvo iškasta 27 tūkst.

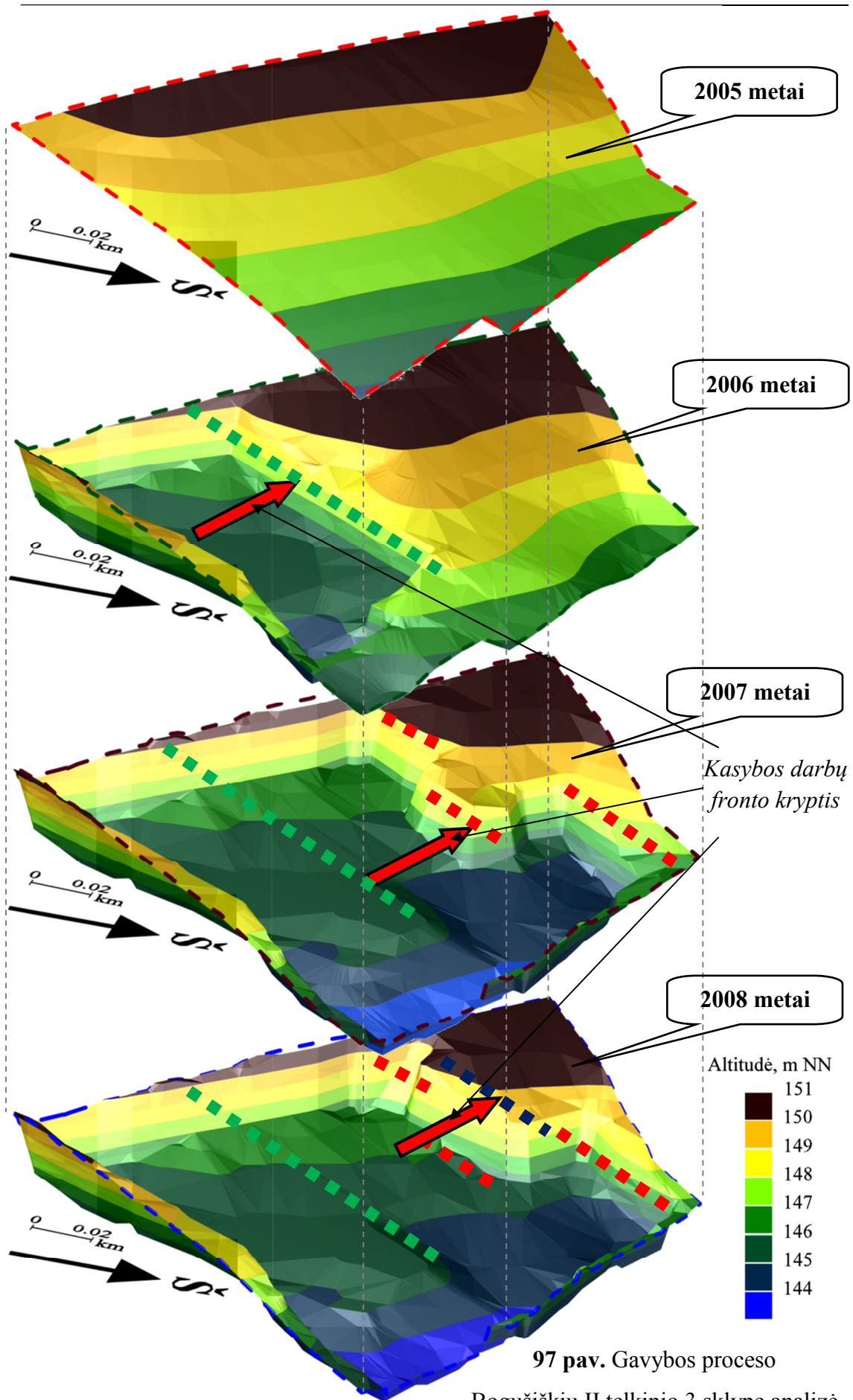


m<sup>3</sup>, 2007 – 31 tūkst. m<sup>3</sup>, 2008 - 5 tūkst. m<sup>3</sup>. Numatyta pagal projektą 50 tūkst. m<sup>3</sup>.  
 Vykdomų darbų frontas atitinka projekto metu nurodytą (90 pav.).

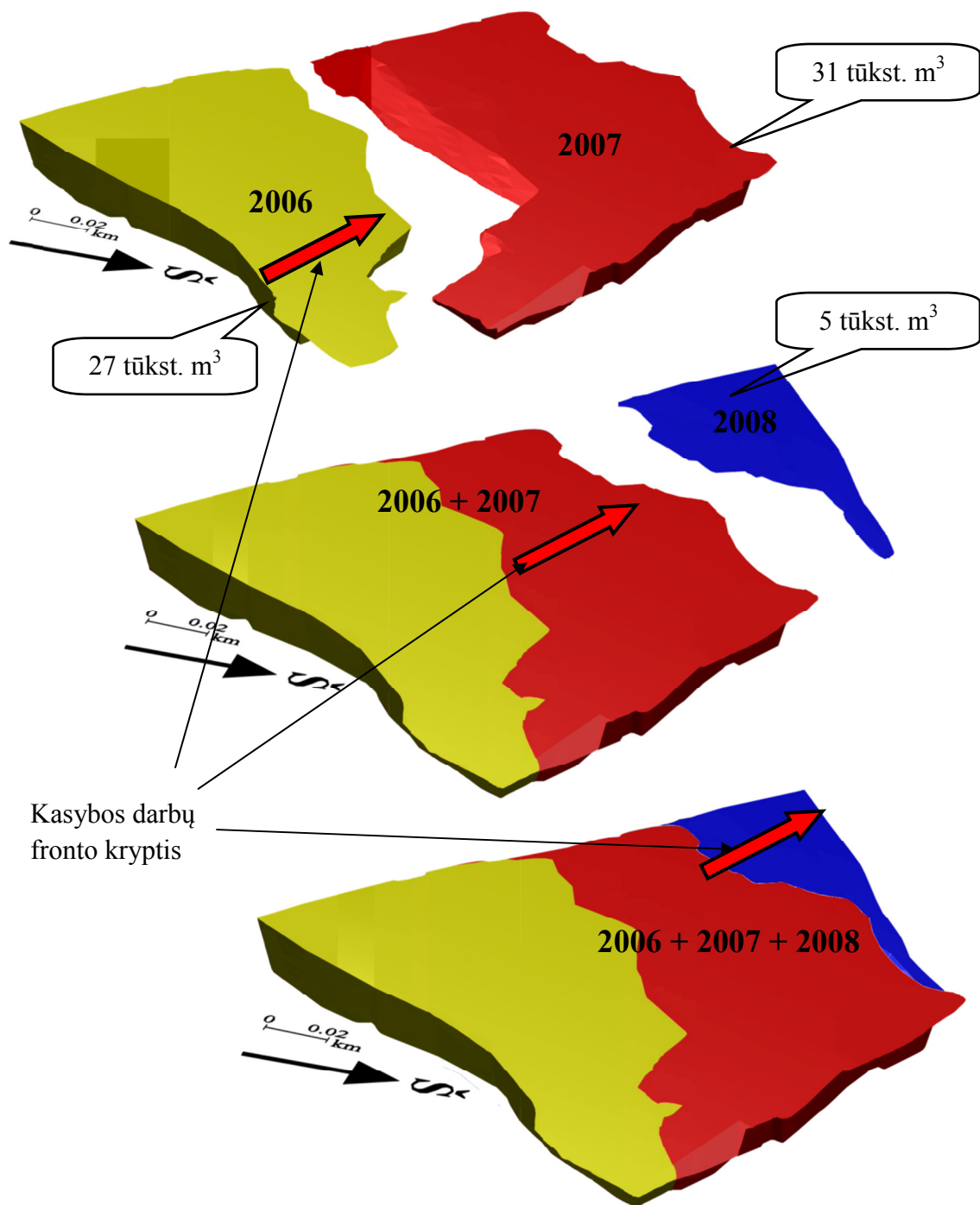


**96 pav.** Gavybos proceso Bogušiškių II telkinio 2 skylyje analizė





97 pav. Gavybos proceso  
Bogušiškų II telkinio 3 sklype analizė



98 pav. 2006 – 2008 metų gavybos proceso  
Bogušiškių II telkinio 3 sklype analizė

---

## **IV. KASYBOS PROCESO APSKAITOS IR KONTROLĖS AUTOMATIZAVIMAS PAGAL DINAMINIUS TELKINIŲ NAUDOJIMO PROJEKTUS IR MARKŠEIDERINIUS APMATAVIMUS**

Kontroliuoti žemės gelmių išteklių, eksploatuojamų atviru būdu, gavybą ir naudojimą Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymu patvirtintu "Atvirais kasiniais eksploatuojamų naudingųjų iškasenų išteklių naudojimo kontrolės aprašu" bei patvirtintais veiklos nuostatais yra pavesta Lietuvos geologijos tarnybai ir regionų aplinkos apsaugos departamentams, bet tai vykdo ir kitos institucijos.

Lietuvos geologijos tarnybai yra pateikiamos kasmetinių markšeiderinių apmatavimų ataskaitos, kuriu pagrindu yra patikrinama ar gavyba atitinka projekte numatyta, ar nėra išeinama už išskirto kasybos sklypo ribų, ar nepažeidžiama svetimų žemės sklypų žemė, ar paliekamos nejudinamos juostos rekultivavimo darbams atlikti ir kita. Taip pat šios ataskaitos yra pagrindas išteklių balansui tikrinti, koreguoti.

Integravus sukurtus telkinių 3D dinامينius modelius į žemės gelmių registrą, šis procesas taptų patikimesnis ir efektyvesnis darbo laiko sąnaudų atžvilgiu. Telkinio dinaminio modelio pozicija tarp kitų LGT kiberinfrastruktūros elementų pateikta 1 skyriuje 1.4 poskyryje 71 pav.

Kaip jau buvo minėta aukščiau, kasybos proceso kontrolė yra aktuali ir kitoms institucijoms – aplinkosaugai, darbų saugai, teritorijų planavimo specialistams. Reikia užtikrinti priėjimą prie sukurtų dinaminų modelių ir šių sričių specialistams. Vykdam teritorijų planavimo veiklą, turi būti atkreiptas dėmesys į geologinę teritorijos būklę. Integravus sukurtus telkinių 3D dinامينius modelius į žemės gelmių registrą ir užtikrinus kitų sričių specialistų priėjimą prie jo, teritorijų planavimas taptų efektyvesnis, racionalesnis. Pasidarytų aiškesnis išteklių kasimo ir rekultivavimo procesas. Galima būtų matyti per kiek laiko konkrečioje teritorijoje planuojama iškasti išteklius, koks numatomas rekultivavimo būdas (vandens telkiniai, miškas arba kitas), kas savo ruožtu palengvintų specialistų, užsiimančių teritorijų planavimu, darbą ir pagerintų priimamų sprendinių šioje srityje kokybę. Tai ypač aktualu Lietuvai, kurios teritorija pasauliniu mastu ir naudingųjų iškasenų išteklių kiekis ir įvairovė nėra dideli.

---

Šiai dienai visos kitos institucijos turi nepakankamai informacijos, kad galėtų tinkamai atlikti jiems pavestas funkcijas. Tai parodė atliktas valstybinis auditas žemės gelmių naudojimo srityje.

Auditoriai nustatė, kad dėl išteklių trūkumo regionų aplinkos apsaugos departamentai negali tinkamai vykdyti jiems pavestų kontrolės funkcijų. Buvo pastebėta, kad regionų aplinkos apsaugos departamentams pavestos funkcijos, kurių būtinumas atsiranda tik dėl to, kad nepasinaudojama šiuolaikinių informacinių technologijų galimybėmis. Taip pat buvo pažymėta, kad neturėdami geologų, jie negali patikimai vykdyti ir labai svarbios nuostatuose jiems pavestos funkcijos – kontroliuoti, ar teisingai vykdoma išgaunamų gamtos išteklių apskaita, tikrinti, ar fiziniai ir juridiniai asmenys teisingai apskaičiuoja mokesčius už išgaunamus gamtos išteklius, nes tam būtina turėti markšeiderinių planų duomenis ir jų atitikties faktinei būklei analizę.

Dėl didžiulės kontrolės darbų apimties problema turėtų būti sprendžiama, kuo plačiau naudojant šiuolaikinių informacinių technologijų galimybes, surinktus duomenis susisteminant ir saugojant žemės gelmių registre pagal kontroliuojančioms institucijoms tinkamus principus.

Žinybinėse duomenų bazėse sukaupta informacija neprieinama kitoms suinteresuotoms institucijoms, nes nėra atitinkamų internetinių prieigų, o dalis informacijos apskritai nepervesta į skaitmeninę formą.

---

## IŠVADOS

1. Tekinių dinaminiai modeliai gali būti naudojami nagrinėjant telkinių geologinę sandarą, formavimosi sąlygas, atliekant geologinių išteklių apskaičiavimą, priimant projektinius sprendinius, atliekant markšeiderinius skaičiavimus, kasybos proceso apskaitai ir kontrolei.
2. Gauti darbo rezultatai analizuojant skirtingų genetinių potipių telkinių geologinę sandarą patvirtino jų genetiniams potipiams būdingas tendencijas. Bogušiškių plote išryškėjo trys keimai ir jiems būdinga sandara. Kušlėnų ploto sandara yra tipinė ozų dariniams. Šio telkinio susidarymo sąlygos nulėmė gana kaičią jo sudėtį skersai gūbrio ašies ir ilgesnius panašios sudėties sluoksnius pagal gūbrio tįsą. Rūsteikių ploto analizė aiškiai parodo sudėtingą, poligenetinę Rūsteikių kraštinių darinių formavimosi eigą: pradedant nuo limnoglacialinių sąlygų, vėliau - vykstant ledyno pakraščio zonoje įvairaus intensyvumo fluvio-glacialinių nuogulų sedimentacijai ir baigiant kraštinių glacigeninių nuogulų dangos atsiradimu nuo ledyno nušliaužus moreninei nepraplautai medžiagai. Tokia pat sudėtinga sandara buvo nustatyta ir Sniegių kraštinių darinių plote. Šklėrių plotas - tipinis zandras, kurio visą storymę suformavo nepastovios dinamikos laisvai klaidžiojantys po plačią prieledyninę lygumą ledyno tirpsmo vandenys. Selmoniškių fluvio-glacialinės deltos žvyro telkinio susidarymo sąlygos nulėmė nesudėtingą jo sandarą ir sluoksnių slūgsojimą ištisiniu klodu. Sandrupio telkinio naudingąjį klotą sudaro vėlyvojo ledynmečio ir holoceno eolinės nuogulos žemiau kopų papėdžių slūgsančios ant fluvio-glacialinių slėninių srautų suklotų nuogulų. Smėlio sluoksniu kaitą lemia itin raižytas kontinentinių kopų reljefas. Tarpukalnėse jis yra minimalus, o kopų viršūnėse staigiai išauga.
3. Naudingųjų iškasenų išteklių apskaičiavimui įvairių genetinių potipių telkiniuose naudojant skirtingus išteklių apskaičiavimo metodus gauname nevienodas paklaidas. Skaičiuojant išteklius nesudėtingos sandaros telkiniuose nenustatyta neleistina paklaida (10 %), o sudėtingos sandaros (raižytas reljefas, išpleišėjimas ir kt.) telkiniuose išteklių paklaida viršija leistina.
4. Automatizuoto projektavimo programoje įdiegtas „GRID“ išteklių skaičiavimo metodas darbo laiko sąnaudų požiūriu yra efektyviausias. Išteklių skaičiavimo

- 
- planai, sudaryti jo pagrindu, tampa dinaminiais, gali būti pritaikyti projektinių sprendinių priėmimui, markšeiderinių skaičiavimų atlikimui.
5. Pradėjus telkinio eksploataciją, sukurta dinaminį modelį galima naudoti vykdant tiek gamybininkų, tiek valstybinių institucijų kasybos proceso apskaitą bei kontrolę, atliekant markšeiderinius apmatavimus, taip pat kasybos apimčių planavimą. Sekantis etapas geologinių modelių kūrime yra perėjimas prie keturdimensinio modeliavimo, kai įvedamas ketvirtas parametras – laikas. Keturdimensiniai modeliai leis tirti geologinę struktūrą laike.
  6. Įdiegti į žemės gelmių registrą modeliai gali būti sėkmingai pritaikyti įvairių sričių specialistų, ypač teritorijų planavime, numatant jų plėtros tendencijas.



---

## LITERATŪRA

1. Baojun W., Bin S., Zhen S. 2009. A simple approach to 3D geological modelling and visualization. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 68, No. 4, p. 559-565.
2. Bell F. 2007. *Basic environmental and engineering geology*. UK: British Geological Survey.
3. Genetic classification of glacial deposits: final report of the Commission on Genesis and Lithology of Glacial Quaternary Deposits of the International Union for Quaternary Research (INQUA). 1989. Rotterdam. 294.
4. Hack R., Orlic B., Ozmutlu S., Zhu S., Rengers N. 2006. Three and more dimensional modelling in geo-engineering. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 65, No. 2, p. 143–153.
5. Huang Yang H. 1983. *Stability analysis of earth slopes*. Van Nostrand Reinhold. New York, 305.
6. Kessler H., Mathers Hans S., Sobisch G. 2009. The capture and dissemination of integrated 3D geospatial knowledge at the British Geological Survey using GSI3D software and methodology. *Computers & Geosciences*. Vol. 35, Iss. 6, p. 1311–1321.
7. Mathers S.J., Kessler H. 2008. GSI3D – The software and methodology to build systematic near-surface 3-D geological models - Version 2.6. Open Report of British Geological Survey. 129 p.
8. Royse K. R., Rutter H. K., Entwisle D. C. 2009. Property attribution of 3D geological models in the Thames Gateway, London: new ways of visualising geoscientific information. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 68, No. 1, p. 1–16.
9. Sides E. J. 1997. Geological modelling of mineral deposits for prediction in mining. *Geologische Rundschau*. Vol. 86, No. 2, p. 342-353.
10. Silvert W. 2001. Modeling as a Discipline in: *Int. J. General Systems* Vol. 30(3), 261.
11. Basalykas A. 1965. Lietuvos TSR fizinė geografija. II tomas. Vilnius: Mintis. 465 p.
12. Čanov A. 2005. Alytaus rajono Daugų keimų zonos sandaros ir formavimosi sąlygos. *Bakalaurinis darbas*. VU. 58 p.
13. Deltuva J., Vaitkevičius V. 2006. Statybinių nerūdinių medžiagų gavyba, perdirbimas ir naudojimas. Kaunas: Technologija. 275 p.
14. Geomorfologinis rajonavimas. Lietuvos TSR atlasas. 1981. Maskva: 54-55 p.
15. Gudelis V., Mikalauskas A. 1962. Zandrų sąvokos ir klasifikacijos klausimu. *Geografijos metraštis*, Vilnius. p. 453-463.
16. Gulbinskas S. 1998. Jūrinės industrijos plėtra ir racionali gamtonauda. *Mokslas ir gyvenimas*. Nr. 8, p. 16-17, 22.

- 
17. Kumetaitis A. 2004. Skaitmeninio reljefo modelio sudarymas ir tobulinimas geostatistiniais metodais. *Geodezija ir kartografija*, XXX t., Nr. 1, p. 29 – 34.
  18. LST 1331:2002 lt. Automobilių kelių gruntai. Klasifikacija. 2002. Lietuvos standartizacijos departamentas. 14 p.
  19. LST EN 12620:2003 lt. Betono užpildai. 2003. Lietuvos standartizacijos departamentas. 49 p.
  20. LST EN 13139+AC:2004 lt. Skiedinio užpildai. 2004. Lietuvos standartizacijos departamentas. 33 p.
  21. Metodiniai nurodymai karjerų metinių kalnakasybos darbų planų sudarymui. LTSR Statybinų medžiagų pramonės ministerija, projektavimo – konstravimo biuras. Vilnius: 1982. 126 p.
  22. Mikalauskas A. 1981. Fliuvioglacialinis reljefas. *Geografijos metraštis*, XIX. Vilnius.18-23.
  23. Mikalauskas A., Gaigalas A., Jurgaitis A. 1968. Pietryčių Lietuvos zandru zonos. *Liet. TSR Geogr. Draugija. Geografijos metraštis*, IX. 53-60.
  24. Mikšys R.B. 2008. Gruntų mechanika. Gruntų geotechninių parametrų būdingosios vertės. Vilniaus universitetas. 54 p.
  25. Šinkūnas P., Jurgaitis A. 1998. Ledyninių nuogulų litologija ir sedimentacija. Vilnius: Academia. 71 p.
  26. Tarvydas R. 1995. Gravitacinio šlaito uolienu slinkimo gamtinės sąlygos ir dinamika. Šlaitų deformacijos. Metodiniai nurodymai, Vilnius: VU leidykla, 241 p.
  27. Teisės aktų rinkinys „Lietuvos Respublikos žemės gelmių naudojimas ir apsauga“. III rinkinys: Lietuvos geologijos tarnybos parengtos „Kietųjų naudingųjų iškasenų telkinių tyrimo ir išteklių klasifikavimo rekomendacijos“. 1998. Lietuvos geologijos tarnyba, MTI grupė, Vilnius. 342 p.
  28. Vainilaitis L. 2009. Zarasų rajono Rūsteikių zonos kraštinių fliuvioglacialinių darinių sandaros ir formavimosi sąlygos. Bakalaurinis darbas. VU. 31 p.
  29. Žemės gelmių naudojimas. 2009. Valstybinio audito ataskaita Nr.Va-p2-20-3-11. Vilnius. Lietuvos Respublikos Valstybės Kontrolė. 56 p.
  30. Абрамсон В. С., Аксенов В.С., Андронников И.К. и др. 1977. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов. Ленинград: Стройиздат. 368 с.
  31. Авдонин В.В., Ручкин Г.В., Шатагин Н.Н., Лыгина Т.И., Мельников М.Е. 2007. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Москва: Академический проект. 540 с.
  32. Ажгирей Г. Д., Брешенков Б. К., Прокофьев А. П. и Русинов Л. А. 1954. Методы поисков и разведки полезных ископаемых. Москва: Госгеолтехиздат. 463 с.
  33. Апухтина И.В. 2008. Совершенствование методики оценки запасов месторождений железистых кварцитов на основе трехмерного

- 
- компьютерного моделирования: диссертация кандидата геолого-минералогических наук. Санкт-Петербург. 245 с.
34. Басаликас А. 1969. Разнообразие рельефа ледниковой аккумулятивной области. Материковое оледенение и ледниковый морфогенез. Вильнюс. 65-154.
  35. Борзунов В.М., Григорович М.Б., Гроховский Л.М. и др. 1977. Поиски и разведка месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов. Москва: Недра. 248 с.
  36. Борзунов В. М. 1969. Месторождения нерудных полезных ископаемых, их разведка и промышленная оценка. Москва: Недра. 336 с.
  37. Борзунов В. М. 1982. Разведка и промышленная оценка месторождений нерудных полезных ископаемых. Москва: Недра. 310 с.
  38. Букринский В. А., Соболевский П. К. 1969. Научные труды Московского горного института. Москва.
  39. Валюжинич В. Я. 1975. Справочник по добыче и переработке нерудных строительных материалов. Ленинград: Стройиздат. 575 с.
  40. Валюжинич В. Я., Беспалов В.Д., Голубева Н.В, Михальченко М.Г., Окунев Н.А. 1965. Основы технологического проектирования предприятий нерудных строительных материалов. Ленинград. 310 с.
  41. Глазнев В. В. 1999. Система для создания трехмерных моделей геологических объектов // Вестник Воронежского университета. Сер. геол. №8. - с.205 - 207.
  42. Городниченко В. И., Дмитриев А.П. 2008. Основы горного дела 464 с.
  43. Гуделис В.К. 1973. Рельеф и четвертичные отложения Прибалтики. Вильнюс. 264 с.
  44. Егоров П. В., Бобер Е. А., Кузнецов Ю. Н, Косьминов Е. А., Пешетов С. Е., Красюк Н. Н. 2006. Основы горного дела. Москва: Издательство Московского государственного горного университета. 408 с.
  45. Заруба К., Менцл В. 1979. Инженерная геология. Москва: Мир. 468 с.
  46. Каждан А. Б. 1984. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Научные основы поисков и разведки. Москва: Недра. 285 с.
  47. Каждан А.Б., Гуськов. 1990. Математические методы в геологии. Москва: Недра. 251 с.
  48. Кноринг Л. Д., Деч В. Н. 1989. Геологу о математике. Ленинград: Недра. 208 с.
  49. Матусевич А.В. 1988. Объемное моделирование геологических объектов на ЭВМ. – М.: Недра, 184 с.
  50. Мельников Н.В. 1968. Краткий справочник по открытым горным работам. Москва Недра: Недра. 311 с.
  51. Микалаускас А. 1964. Зандры Юго-восточной Литвы. Афтореферат канд.дис. Вильнюс. 16 с.
-

- 
52. Микалаускас А., Юргайтис А. 1987. Седиментогенез флювиогляциальных отложений на территории Литовской ССР. Зональность распространения и особенности строения и состава флювиогляциальных отложений. Труды Академии наук Литовской ССР. Серия Б.135-143
  53. Назаренко В.М., Назаренко М.В., Хоменко С.А. 2009. Автоматизированная система моделирования, оценки запасов месторождений и управления горными работами на базе геоинформационной системы К-MINE. Титан, No.3, с. 36 – 46.
  54. Предфронтальные краевые ледниковые образования. 1974. Vilnius. 261 с.
  55. Ржевский В. В. 1985. Открытые горные работы, часть 1. Москва: Недра. 509 с.
  56. Ржевский В. В. 1985. Открытые горные работы, часть 2. Москва: Недра. 549 с.
  57. Рыжов П. А. 1964. Геометрия недр, 3 издание, Москва.
  58. Скабалланович И.А., Седенко М.В. 1980. Гидрогеология, инженерная геология и осушение месторождений. Москва. Недра. 205 с.
  59. Строение и формирование камов. 1978. Сборник статей. Таллин. 198 с.
  60. Терцаги К. 1961. Теория механики грунтов. Москва: Госстройиздат. 507 с.
  61. Трубецкой К. Н., Потапов М. Г., Виницкий К. Е, Мельников Н. Н. и др. 1994. Справочник. Открытые горные работы. Москва: Горное бюро. 590 с.
  62. Чирков А.С.2009. Добыча и переработка строительных горных пород. 623 с.
  63. Юозапавичюс Г., Микалаускас А., Юргайтис А. 1989. Седиментогенез флювиогляциальных отложений на территории Литовской ССР 2. Гранулометрическая, минералог—петраграфическая и геохимическая дифференциация флювиогляциальных отложений. Тп. АН ЛитССР. Сер.Б,5 (174). 152-161.
  64. Юргайтис А. 1966. Генетические типы и закономерности распространения главнейших месторождений песчано-гравийных отложений на территории Литовской ССР. Литология и геология полезных ископаемых Южной Прибалтики. Труды института геологии, 3. Вильнюс. с. 173-183
  65. Юргайтис А. 1969. Генетические типы и литология песчано-гравийных отложений Литовской ССР. Труды института геологии, 9. Вильнюс.176 с.
  66. Юргайтис А. 1984. Литогенез флювиогляциальных отложений области последнего материкового оледенения. Недра.183 с.
  67. Юргайтис А., Микалаускас А. 1972. Литолого-структурные особенности выделения флювиогляциальных дельтовых образований (на примере Средне-Литовской моренной равнины). Региональные исследования ледниковых образований. Рига. 340-352 с.
  68. Юргайтис А., Микалаускас А., Юозапавичюс Г. 1982. Слоистые текстуры флювиогляциальных отложений Прибалтики. Вильнюс: Моклас. 52 с.

---

## FONDINĖ LITERATŪRA:

69. Augulytė L. 1966. Žvyro, tinkamo autokelių statybai telkinių paieškos ir detali žvalgyba pagal kelių ruožus Daugai-Turgeliai, Šiauliai-Sovietskas, Kelmė-Užventis-Pabalvė, Panevėžys-Kėdainiai. //Vilnius.
70. Guliakas E. 1980. Ataskaita už geologinius-žvalgybinius darbus, vykdytus 1978 m. Kėdainių rajono Karsakiškio k., Rokiškio rajono Šemetų k, Zarasų rajono Suvieko k, Kelmės rajono Verpenos k. //Kaunas.
71. Gurklienė V. 1969. Lietuvos TSR Alytaus rajono "Bogušiškių" žvyro telkinio papildoma žvalgyba ir geologinių-žvalgybinių darbų, atliktų Kauno rajono "Kvesų" žvyro telkinyje, rezultatai. //Vilnius. 429 p.
72. Gurklienė V., Naikelis A. 1967. Žvyro, tinkamo betono ir gelžbetonio gamybai telkinių paieškos Lietuvos TSR Varėnos rajone ir "Bogušiškių" žvyro telkinio žvalgyba Alytaus rajone. (Biržų p/ž būrio ataskaita už 1966 metus). //Vilnius. 229 p.
73. Jonynas J, Juozapavičius G., Valiūnas J. 1999. Kietųjų naudingųjų iškasenų gavybos poveikio aplinkai Lietuvos teritorijoje įvertinimas. //Valstybinė mokslo programa „LITOSFERA“, Lietuvos švietimo ir mokslo ministerija, Geologijos institutas, Vilniaus universitetas, Vilnius. Nr. 3, 98-109 p.
74. Juozapavičius G. 2004. Mažeikių rajono Kušlėnų žvyro telkinio markšeiderinių apmatavimų ataskaita. (už 2003 metų gavybą). //Vilnius.
75. Juozapavičius G., Armanavičius A., Mačiulis T., Norkūnaitė L. 2006. Alytaus rajono Bogušiškių II žvyro telkinio naujo ploto detalios geologinės žvalgybos ataskaita. //Vilnius. 46 p.
76. Juozapavičius G., Armanavičius A., Norkūnaitė L. 2008. Zarasų rajono Rūsteikių žvyro ir smėlio telkinio naujo ploto detalios žvalgybos ataskaita. //G. Juozapavičiaus personalinė įmonė <<Magma>>, Vilnius.
77. Juozapavičius G., Juozapavičius J. 2008. Zarasų rajono Rūsteikių žvyro ir smėlio telkinio naujo ploto detalios žvalgybos ataskaita. // G. Juozapavičiaus personalinė įmonė <<Magma>>, Vilnius.
78. Juozapavičius G., Juozapavičius J., Mačiulis T. 2005. Informaciją atrankai dėl Varėnos rajono Sandrupio smėlio telkinio dalies naudojimo poveikio visuomenės sveikatai. //G. Juozapavičiaus personalinė įmonė <<Magma>>, Vilnius.
79. Juozapavičius G., Juozapavičius J., Mačiulis T. 2005. Varėnos rajono Sandrupio smėlio telkinio dalies naudojimo poveikio aplinkai vertinimo programa. //G. Juozapavičiaus personalinė įmonė <<Magma>>, Vilnius.
80. Juozapavičius G., Kilda K. 1999. Alytaus rajono Bogušiškių II žvyro telkinio geologinės žvalgybos ataskaita. //Vilnius. 27 p.
81. Juozapavičius G., Kilda K. 1999. Tauragės rajono Selmoniškių žvyro telkinio naujo ploto geologinės žvalgybos ataskaita. //G. Juozapavičiaus personalinė įmonė <<Magma>>, Vilnius. 66 p.

- 
82. Juozapavičius G., Kilda K., Armanavičius A., Baliukevičius A., Juozapavičius J. 2002. Alytaus rajono Bogušiškių II žvyro telkinio detalios žvalgybos ataskaita. // Vilnius. 94 p.
  83. Juozapavičius G., Kilda K., Armanavičius A., T.Mačiulis. 2004. Mažeikių rajono Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinio naujo ploto detalios žvalgybos ir 1984 metų kontūre likusių išteklių perskaičiavimo ataskaita. //Vilnius. 98 p.
  84. Juozapavičius G., Kilda K., Mačiulis T. 1999. Tauragės rajono Selmoniškių žvyro telkinio naujo ploto detalios žvalgybos ataskaita. //G. Juozapavičiaus personalinė įmonė <<Magma>>, Vilnius. 58 p.
  85. Juozapavičius G., Salamakinis V. 2008. Alytaus rajono Bogušiškių žvyro telkinio naujo ploto detalios geologinės žvalgybos ataskaita. //Vilnius. 49 p.
  86. Kavaliauskaitė L., Rimša V. Paieškiniai įvertinamieji darbai Lietuvos TSR Alytaus rajone, žvyro ir smėlio su nepatvirtintais ištekliais telkinių patikrinimas ir įvertinimas bei Kulabiškio, Dvarčėnų žvyro telkinių ir Norgeliškių smėlio telkinio detali žvalgyba. //Vilnius, 3t., 474 p.
  87. Kličius J., Piepolienė V. 1975. Žvyro ir smėlio telkinių paieškos Lietuvos TSR Rokiškio rajone. // Vilnius.
  88. Končius J., Šaulytė R. 1991. Selmoniškių žvyro karjeras. Eksploatacijos ir rekultivacijos projektas (Tauragės miškų urėdija). //Valstybinis kelių projektavimo institutas. Kaunas. 52 p.
  89. Končius J., Šaulytė R. 1991. Selmoniškių žvyro karjeras. Tvenkinio pagrindinės eksploatavimo taisyklės (Tauragės miškų urėdija). //Valstybinis kelių projektavimo institutas. Kaunas. 15 p.
  90. Kulbis A. 1983. Paieškiniai-įvertinamieji darbai Lietuvos TSR Rokiškio rajone ir Šemetų II žvyro telkinio detali žvalgyba. //Vilnius.
  91. Lietuvos TSR Geologijos valdyba Kompleksinė Geologijos Ekspedicija. Lietuvos TSR Mažeikių nebalansinių žvyro ir smėlio telkinių patikrinimas bei Kušlėnų žvyro ir smėlio telkinio žvalgyba. 1981. (Paieškų ir žvalgybos būrys Nr. 3, Lietuvos objektas, 1980). //Vilnius.
  92. Lietuvos TSR Geologijos valdyba Kompleksinė Geologinės Žvalgybos Ekspedicija. 1984. Žvyro ir smėlio telkinių paieškos Lietuvos TSR Mažeikių rajone ir Kirkų, Vebrio, Kušlėnų žvyro bei Geidžių smėlio telkinių detali žvalgyba. (Statybinių medžiagų geologinės žvalgybos partija, Mažeikių objektas, 1983-84 m, trijuose tomuose). //Vilnius.
  93. Nenartavičienė D., Taločkienė V. 1974. Žvyrynų ir smėlynų paieškos Alytaus ir Lazdijų rajonuose ir Merkinės apylinkėse. //Vilnius. 1214 p.
  94. Pumpėnų paieškų-žvalgybos būrio ataskaita už 1967/68 m.m. "Piliakalnio" telkinio atsargos apskaičiuotos 1967 m. lapkričio mėn. 20 d., "Lieponių" - 1968 m. liepos 9 d., "Rimėnų" - 1968 m. liepos 5 d. //Vilnius. 402 p.
  95. Šakys V. 1964. Žvyro, tinkamo autokelių statybai, telkinių paieškos ir detali žvalgyba kelio Pabradė-Turmantas ruože ir Pasvalio miesto apylinkėse. // Vilnius.
-



- 
96. Šakys V., Gurklienė V. 1964. Žvyro , tinkamo autokelių statybai, telkinių paieškos ir detali žvalgyba Lietuvos TSR Rokiškio-Papilio ruože (Biržų-Rokiškio ruožo atkarpa) bei Tauragės rajono „Skaudvilės“ ir Trakų rajono „Kazokiškių“ žvyro telkinių detali žvalgyba. //Vilnius.
  97. Šliaupa A., Baltrūnas V., Juškevičiūtė A., Norvaišas I. 1994. Grupinės geologinės nuotraukos masteliu 1:50 000, atliktos Pietryčių Lietuvoje, lapų N-35-49-C, N-35-50-A, N-35-61-I, N-35-62-A teritorijoje, ataskaita. //Vilnius, 1979 (rusų kalba).Lietuvos geologija. //Vilnius, Mokslo ir enciklopedijų leidykla. 447 p.
  98. Šumyla K., Kvaliauskaitė L. 1990. Žvyro ir smėlio telkinių paieškos ir paieškiniai įvertinamieji darbai Zarasų rajone. // Vilnius.
  99. Valančiauskas K. 1985. Lietuvos TSR Tauragės rajono Selmoniškių žvyro telkinio papildomos žvalgybos ataskaita. //Kompleksinė geologinė ekspedicija, Vilnius.
  100. Valančiauskas K., Gasiūnienė V. 1982. Žvyro ir smėlio telkinių paieškiniai-įvertinamieji darbai Lietuvos TSR Tauragės rajone bei Galmenų telkinio detali žvalgyba. //Vilnius.
  101. Вайтонис В., Авелите А. и др. 1961. Отчет о комплексной геолого-гидрогеологической съемке м-ба 1:200 000 на территории листа N-34-XI (Юрбаркас). // Вильнюс.
  102. Лауринайтите Д. 1971. Поиски месторождений песчано-гравийной смеси пригодной для производства бетона и строительства автодорог в Зарасайском районе Литовской ССР и детальная разведка месторождения песчано-гравийной смеси Салакасю. //Вильнюс.
  103. Михайлова Л., Рустейка Б. 1975. Поиски мелких месторождений песчано-гравийной смеси и песка вдоль дороги Швянчёнис–Дукштас–граница с БССР и детальная разведка месторождений Рустейкяй Зарасайского р-на и Кукишкес Швянчёнского р-на. //Вильнюс.
  104. Ненартавичене Д. 1968. Дополнение к отчету о поисках и детальной разведке месторождения формовочных песков “Сандрупис” Варенского района Литовской ССР в связи с их переоценкой для производства силикатного кирпича, опликатных изделий и строительных растворов. Вильнюс.
  105. Ненартавичене Д. 1969. Поиски месторождений песка, пригодного для производства силикатного кирпича, газосиликатных изделий и строительных растворов в Варенском районе и дополнительная разведка месторождения песка “Сандрупис” Варенского Литовской ССР. Вильнюс,
  106. Ненартавичене Д. 1971. Поиски месторождений песчано-гравийной смеси, пригодной для производства бетона, в юго восточной части Лит. ССР и предварительная разведка месторождения песчано-гравийной смеси Маргис и Швянтининкай Тракайского района Лит. ССР. Подсчет запасов на

---

месторождении Маргис по состоянию на 21 апреля 1971, Швянтининкай - на 16 апреля. Вильнюс. 918 с.

107. Ненартавичене Д. 1975. Дополнение к отчету “Поиски месторождений песка, пригодного для производства силикатного кирпича, газосиликатных изделий и строительных растворов в Варенском районе и дополнительная разведка месторождения песка “Сандрупис” Варенского Литовской ССР“. Вильнюс.
108. Ненартавичене Д. 1976. Детальная разведка месторождения песчано-гравийной смеси Маргис и оценка месторождения Шклеряй и Швянтининкай Тракайского района Лит. ССР. Подсчет запасов по состоянию на 15 марта Вильнюс. 995 с.
109. Петроните В. 1970. Дополнение к отчету “Поиски месторождений песка, пригодного для производства силикатного кирпича, газосиликатных изделий и строительных растворов в Варенском районе и дополнительная разведка месторождения песка “Сандрупис” Варенского Литовской ССР“. //Вильнюс.
110. Юозапавичюс Г.А., Зимкуте Ю.З. 1983. Переоценка прогнозных запасов песчано-гравийного материала и песков Литовской ССР и определение их рационального использования. // Вильнюс.

STRAIPSNIAI IR KITA INFORMACIJA INTERNETO ŠALTINIUOSE IR KITOSE ELEKTRONINĖSE LAIKMENOSE:

111. Kessler H., Turner A.K., Culshaw M., Royse K. 2008. Unlocking the potential of digital 3D geological subsurface models for geotechnical engineers. In: *European econference of the International Association for Engineering geology, Madrid, Spain, 15-20 Sept 2008*. Asociacion Espanola de Geologia Aplicada a la Ingenieria. [žiūrėta 2008 m. gruodžio 22 d.]. Prieiga per internetą: <<http://nora.nerc.ac.uk/3817/>>.
112. The Past, Present and Future of GSI3D Steve Mathers, Hans-Georg Sobisch (INSIGHT GmbH), Ben Wood and Holger Kessler. British geological survey. 2nd International GSI3D Conference, September 2008, Nottingham, UK [žiūrėta 2009 m. spalio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.bgs.ac.uk/downloads/browse.cfm?sec=1&cat=79>>.
113. Борейко Л. Практика применения программного комплекса CADGEO при обработке результатов инженерно-геологических изысканий. [žiūrėta 2009 m. lapkričio 8 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.sapr.ru/article.aspx?id=7777&iid=316>>.
114. Компьютерное моделирование горнотехнических объектов для решения маркшейдерских задач. Лаборатория "Геодезии и картографии". [žiūrėta 2010 m. vasario 26 d.]. Prieiga per internetą: <<http://geokart.3dn.ru/publ/2-1-0-29>>.

- 
115. Лукичев С.В., Наговицын О.В., Морозова А.В. Инструменты компьютерного моделирования для решения геологических задач на горном предприятии. [žiūrēta 2008 m. kovo 3 d.]. Prieiga per internetą: <[http://www.kolasc.net.ru/russian/innovation\\_ksc/2.3.pdf](http://www.kolasc.net.ru/russian/innovation_ksc/2.3.pdf)>.
116. Овсов М.К. Картографический метод в геолого-математическом моделировании [žiūrēta 2008 m. vasario 26 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.gff-lgi.spb.ru/vp-ovsov-02.htm>>.
117. Технология строительства. Восстановление ландшафтов, сформировавшихся в результате промышленного освоения. Рекультивация отвалов, горных разработок, золоотвалов, терриконов, карьеров. [žiūrēta 2010 m. vasario 8 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.construction-technology.ru/landiz/3/1.php>>.
118. Шариф Д. А. Геологический факультет МГУ. Геолого-геохимическая модель и особенности разведки Рубцовского колчеданно-полиметаллического месторождения. [žiūrēta 2009 m. gruodžio 8 d.]. Prieiga per internetą: <<http://geo.web.ru/db/disser/view.html?mid=1176569>>.

---

## PUBLIKACIJOS

### **Mokslo leidiniuose, įtrauktuose į Mokslinės informacijos instituto pagrindinių žurnalų sąrašą:**

1. Patašova (Sukova) T., Jurgaitis A. Comparison of mineral resources calculation methods for different genetic types of gravel and sand deposits. *Geologija*, 2008, Vol. 50. No.3(63), p.156–169. ISSN 1392-110X.
2. Sukova T., Vainilaitis L. Development and application of a mathematical-cartographical model to sand/gravel deposits and prospective areas. *Geologija*, 2010. Vol. 52. No. 1–2(69–70). p. 45–52. ISSN 1392-110X.

### **Kituose recenzuojamuose tarptautiniuose, užsienio ir Lietuvos periodiniuose, tęstiniuose arba vienkartinuose leidiniuose:**

1. Juozapavičius G., Sukova T., Kadūnas V., Šliaupa A. Pagirių anhidrito telkinys: žaliavos gavyba ir jos poveikis aplinkai. *Geologijos akiračiai*, 2010, 1-2. p. 26-41. ISSN 1392-0006.

## KONFERENCIJOS, SEMINARAI

1. **Sukova T.** The maintenance cost estimation of forecasting mineral deposit using GIS; Dynamic models of mineral deposits making and using to mineral deposit utilization (excavation and re-cultivation). Seminaras geografinių informacinių sistemų srityje antroje Šiaurės šalių organizuotoje vasaros mokykloje Gävle universitete (pristatytas posteris). Švedija, Gävle, 2007.
2. **Sukova T.** Comparison of mineral resources calculation methods for different genetic types of gravel and sand deposits. Tarptautinė jaunųjų mokslininkų konferencija Sankt-Peterburgo kalnakasybos institute: "*Topical issues of rational use of natural resources*" (skaitytas žodinis pranešimas). Rusija, Sankt-Peterburgas, 2009;
3. **Sukova T.** Mineral resources calculation methods. 7-a tarptautinė geomorfologijos konferencija: *Modern Perspectives* (pristatytas posteris). Australija, Melburnas, 2009;
4. **Sukova T.** Using Geo Information System for Building Mathematic-Cartographical Model of Deposits. Sankt-Peterburgo informatikos ir automatizavimo institutas (skaitytas žodinis pranešimas). Seminaras "*Informatics and computer technologies*". Rusija, Sankt-Peterburgas, 2009;
5. **Sukova T.** Building Mathematic-Cartographical Model of Deposits by using Geo Information System. Sankt-Peterburgo aerokosminio instrumentavimo universitetas, kompiuterinės matematikos ir programavimo katedra (skaitytas žodinis pranešimas). Rusija, Sankt-Peterburgas, 2009.