

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

Ģeoloģijas  
maģistratūras programmas  
2. kursa studente  
**Kristīne Kaļva**  
Ģeol 030024

maģistra darbs  
**PALEOKARSTA VEIDOJUMI DEVONA DAUGAVAS SVĪTAS  
DOLOMĪTOS LATVIJĀ**

Maģistra darba vadītājs  
asoc. prof., Dr. ģeol. Ģirts Stinkulis

**Rīga 2009**

## Saturs

	lpp.
ANOTĀCIJA .....	3
ANNOTATION .....	4
IEVADS .....	5
1. MATERIĀLI UN METODES .....	7
1.1. Iepazīšanās ar ģeoloģisko literatūru .....	7
1.2. Lauka pētījumi .....	8
1.3. Laboratorijas pētījumi .....	11
1.4. Kamerālie darbi .....	14
2. KARSTA RELJEFA FORMAS UN TO IZVEIDI VEICINOŠIE FAKTORI .....	15
2.1. Karsta attīstībai nepieciešamie nosacījumi .....	16
2.2. Īss ieskats paleokarsta pētījumu vēsturē Latvijā .....	19
2.3. Iespējamie paleokarsta attīstības etapi Latvijā .....	20
3. FRANAS STĀVA KARBONĀTISKIE NOGULUMI LATVIJĀ UN TO VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI .....	23
4. PĒTĪTO DOLOMĪTA ATRADŅU RAKSTUROJUMS UN IEPRIEKŠĒJO PĒTĪJUMU DATI PAR PALEOKARSTA VEIDOJUMIEM TAJĀS .....	30
5. PĒTĪTO PALEOKARSTA VEIDOJUMU FORMA, IZMĒRI UN IZPLATĪBA .....	37
6. PALEOKARSTA VEIDOJUMU ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE UN KONTAKTI AR DOLOMĪTIEM ..	46
7. PLAISU VĒRSUMA AZIMUTI DAUGAVAS SVĪTAS DOLOMĪTOS .....	58
8. PALEOKARSTA VEIDOJUMU AIZPILDĪJUMA SASTĀVS .....	61
9. MIKROFOSĪLIJAS PALEOKARSTA VEIDOJUMU AIZPILDĪJUMOS .....	68
9.1. Mugurkaulnieku mikrofosīlijas .....	68
9.2. Sporas un putekšņi .....	70
10. PALEOKARSTA VEIDOJUMU AIZPILDĪJUMU ĢEOLOĢISKAIS VECUMS .....	72
11. PALEOKARSTA PROCESU IESPĒJAMĀIS NORISES LAIKS .....	75
SECINĀJUMI .....	78
PATEICĪBAS .....	79
LITERATŪRAS SARAĶSTS .....	80
PIELIKUMS: Granulometriskās līknes un koeficienti paleokarsta veidojumu aizpildījumu klastiskajiem nogulumiem .....	83

## ANOTĀCIJA

Kaļva K., 2009 „Paleokarsta veidojumi devona Daugavas svītas dolomītos Latvijā”. Maģistra darbs. Rīga, Latvijas Universitāte, 87 lpp.

Maģistra darba mērķis ir raksturot devona Daugavas svītas dolomītos Latvijā sastopamo paleokarsta veidojumu izplatību, uzbūvi, sastāvu, kā arī izdarīt secinājumus par karsta veidojumu aizpildījuma vecumu un to veidošanās laiku. Kranciema, Turkalnes, Remīnes, Gaitiņu un Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradnēs sagatavoti paleokarsta veidojumu zīmējumi, veikta šo veidojumu atlikšana kartē, karsta veidojumu aizpildījumu klastisko nogulumu granulometriskā analīze, tajos sastopamo mugurkaulnieku mikrofosīliju, sporu un putekšņu analīze. Secināts, ka karsta veidojumu aizpildījumu sastāvs un, domājams, ģeoloģiskais vecums ir līdzīgs visās pētītajās Daugavas svītas dolomītu atradnēs - atbilst Katlešu un Ogres svītām. Pētītajās atradnēs ir tikai paleokarsta veidojumi, kas veidojušies pirms pleistocēna apledojumiem, un nav atrastas kaut cik ievērojamas mūsdienu karsta pazīmes.

*Atslēgvārdi:* paleokarsts, dolomīta atradnes, devons, mikrofosīliju pētījumi, granulometriskā analīze.

## ANNOTATION

Kalva K., 2009 „Palaeokarst phenomena in the dolomites of the Devonian Daugava Formation in Latvia”. Master’s paper. Riga, University of Latvia, 87 p.

The Master’s paper deals with palaeokarst phenomena in dolomites of the Devonian Daugava Formation, their distribution, structure and composition of their infillings. It is supposed to draw conclusions on the geological age of these infillings and on timing of the karst process. Sketches of the palaeokarst forms, mapping of these forms, grain-size analysis of infillings of the palaeokarst forms, studies of microfossils of vertebrates, spores and pollen present in the infillings were done in the Kranciems, Turkalne, Remīne, Gaitiņas and Aiviekste left bank deposits. It is concluded that the geological age of the karst infillings is similar in all studied quarries of the Daugava Formation dolomites – it corresponds to the Katleši and Ogre formations. Only palaeokarst phenomena formed before Pleistocene glaciations were found in the studied deposits, and modern karst structures were not found there.

*Keywords:* palaeokarst, dolomite deposits, Devonian, microfossil studies, grain-size analysis.

## IEVADS

Maģistra darba tēmu „**Paleokarsta veidojumi devona Daugavas svītas dolomītos Latvijā**” izvēlējās tādēļ, ka jau bakalaura studijās gan kursa darba “Karsta veidojumi Aizkraukles rajonā”, gan bakalaura darba „Karsta veidojumi Kranciema atradnē” izstrādes laikā ieguvu priekšstatu par karsta veidojumiem, līdz ar to radās arī padziļināta interese par šiem savdabīgajiem ģeoloģiskajiem veidojumiem.

Tādējādi arī secināju, ka par karsta veidojumiem Latvijā ir maz informācijas. Svarīgi un līdz šim nedaudz pētīti jautājumi ir paleokarsta veidojumu aizpildījumu uzbūve, sastāvs un ģeoloģiskais vecums. Iespējams, ka Kranciema, Turkalnes, Remīnes, Gaitiņu, Biržu, Pērtnieku, Salenieku (Rītupju), Saikavas, Baravikas, Aiviekstes kreisā krasta atradņu devona Daugavas svītas dolomītos sastopamo karsta veidojumu un to aizpildījumu detalizēti pētījumi atspoguļotu kopējo ainu par karsta attīstību devona iežos Latvijā, līdz ar to arī rastos lielāka izpratne par paleokarsta procesiem un to norises laiku. Tieši tādēļ maģistra darba tēma ir aktuāla.

Maģistra darba izstrādes laikā viens no nozīmīgākajiem darbiem bija pētāmo objektu, jau augstāk minēto atradņu, apmeklēšana un dažādu lauka darbu veikšana (2007. gada vasara un rudens; 2008. gada vasara un rudens). Tā kā veicamo darbu apjoms bija ievērojams, darbs tika veikts aptuveni divos gados, tādējādi iegūstot un apkopojot plašu informāciju gan par karsta veidojumiem Latvijas devona Daugavas svītas nogulumos, gan arī raksturojot paleokarsta veidojumus augstāk minētajās atradnēs.

Maģistra darbam tika izvirzīts šāds **darba mērķis**: raksturot devona Daugavas svītas dolomītos Latvijā sastopamo paleokarsta veidojumu izplatību, uzbūvi, sastāvu, kā arī izdarīt secinājumus par karsta veidojumu aizpildījuma vecumu un to veidošanās laiku.

Darba mērķa sasniegšanai tika izvirzīti šādi **uzdevumi**:

- 1) Izmantojot pieejamo literatūru, aprakstīt iespējamās karsta veidošanās apstākļus, tā attīstību, izplatību un veidojumus devona Daugavas svītas dolomītos Latvijā, kā arī iepazīt mūsdienu priekšstatus par karsta norisēm.
- 2) Iepazīties ar Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras (LVĢMA) Ģeoloģijas fondos esošajām atskaitēm un citiem literatūras avotiem, lai apkopotu literatūras datus par karsta veidojumiem devona Daugavas svītas dolomītos Kranciema, Aiviekstes kreisā krasta, Gaitiņu, Turkalnes, Remīnes, Biržu, Pērtnieku, Salenieku (Rītupju), Saikavas un Baraviku atradnēs.

- 3) Raksturot karsta veidojumus apmeklētajās atradnēs, izmantojot dažādas metodes: zīmēšanu, fotografēšanu, karsta veidojumu izmēru noskaidrošanu, karsta veidojumu formas raksturojumu un izplatības kartes izveidošanu ar GPS palīdzību.
- 4) Noņemtajiem paraugiem veikt granulometrisko analīzi ar sietu un pipetes metodi.
- 5) Veikt karsta veidojumu aizpildījumos sastopamo mikrofosīliju – mugurkaulnieku mikroatlieku un sporu un putekšņu pētījumus mikroskopā.
- 6) Papildināt maģistra darbu ar bakalaura darbā Kranciema atradnes pētījumos iegūtajiem datiem par paleokarsta veidojumu formu, izplatību, to aizpildījuma sastāvu un dolomītu plaisu mērījumiem.
- 7) Apkopot pētījumu rezultātus un interpretēt tos.

# 1. MATERIĀLI UN METODEDES

Maģistra darbs “Paleokarsta veidojumi devona Daugavas svītas dolomītos Latvijā” tika sadalīts divās apjomīgās daļās, tādēļ darbs tika veikts divus gadus, izpildot gan maģistra darba projektu, gan arī maģistra darbu. Maģistra darba projekta izstrādes gaitā tika iegūta ģeoloģiskā informācija par karsta veidojumiem Kranciema, Turkalnes, Remīnes, Gaitiņu, Biržu, Pērtnieku, Salenieku (Rītupju), Saikavas, Baraviku, Aiviekstes kreisā krasta atradnēs, kā arī vispārējs priekšstats par to iespējamiem veidošanās apstākļiem un norises laiku. Maģistra darba izstrādes laikā tika veiktas papildus literatūras studijas, lauka un laboratorijas darbi, rezultātu apkopošana un interpretācija. Maģistra darbā ir izmantoti arī autores bakalaura darbā „Karsta veidojumi Kranciema atradnē” iegūtie materiāli.

Maģistra darba ietvaros tika izmantotas šādas metodes:

## 1. Iepazīšanās ar ģeoloģisko literatūru

Grāmatas ar teorētisko izklāstu par karsta procesiem un to veidojumiem Latvijā valodā nav plaši pieejamas latviešu valodā, tādēļ bija nepieciešams arī tulkot materiālus no krievu valodas (Варфоломеева, 1961, 1965; Туркина, 1997). Tika tulkoti arī mūsdienīgi literatūras avoti no angļu valodas – fundamentāls darbs par karsta ģeomorfoloģiju un hidroģeoloģiju (Ford, Williams, 2007), vispārējs karsta norišu raksturojums (Chernicoff, 1999). Ar detalizētāku informāciju par karsta veidojumiem iepazinos no V. Hodirevas promocijas darba „Latvijas devona dolomītu litoloģiski rūpnieciskie tipi” (Hodireva, 1997).

Nozīmīgs posms pirms lauka darbu veikšanas bija iepazīšanās ar LVĢMA Ģeoloģijas fondu esošajām atskaitēm par Devona Daugavas svītas dolomīta atradņu izpēti (Возвышаев, 1991; Пакалн, 1956; Озола, 1982; Мēkone, 1969 u.c.). Tika iepazītas vairākas atskaites par Kranciema, Aiviekstes kreisā krasta, Gaitiņu, Turkalnes, Remīnes, Baraviku, Rītupes, Saikavas, Pērtnieku un Biržu dolomīta atradnēm un to apkārtnes ģeoloģisko izpēti. Jāatzīmē gan, ka šajās atskaitēs uzsvars tika likts uz derīgā izrakteņa raksturojumu un teritorijas ģeoloģisko uzbūvi. Atsevišķās atskaitēs piemēts, ka konstatēti paleokarsta veidojumi, bet nav plašāka izklāsta par karsta procesiem un veidojumu raksturojuma. To var izskaidrot ar faktu, ka lielākoties urbemos karsta veidojumi nav tikuši konstatēti, bet tolaik ģeofizikālās pētījumu metodes vēl netika plaši izmantotas. Arī jaunākos ģeoloģiskās literatūras avotos nav detalizētas informācijas par karsta veidojumiem augstāk minētajās atradnēs.

## 2. Lauka pētījumi

Lai pilnīgāk izprastu paleokarsta veidojumu rašanās cēloņus un apstākļus, kā arī ievāktu paraugus laboratorijas darbiem, Kranciema, Turkalnes, Remīnes, Gaitiņu, Pērtnieku, Salenieku (Rītupju), Saikavas, Baraviku un Aiviekstes kreisā krasta atradnēs 2007. gada vasarā un rudenī, 2008. gada vasarā un rudenī tika veikti lauka darbi. Lauka darbu veikšanas laikā iepazinos ar karsta veidojumiem, to uzbūvi un izvietojumu visās augstāk minētajās atradnēs.

Veicot lauka pētījumus, galvenais uzsvars tika likts uz karsta veidojumu uzbūves un to aizpildījuma sastāva noskaidrošanu. Nozīmīgākie darbi, lai to īstenotu, bija sekojoši:

- Atsegumu dokumentācija, karsta veidojumu skices, atsevišķu fragmentu detalizēti zīmējumi:

**Kranciema dolomīta atradnē** kopumā bakalaura un maģistra darbu izstrādes gaitā lauka darbu veikšanas laikā tika konstatēti un apsekoti 17 senā karsta jeb paleokarsta veidojumi. Karsta veidojumi izvietoti pa visu tagadējā Kranciema karjera teritoriju, veidojot trīs nosacītus iecirkņus. Uz lielākā karsta veidojuma ir izvietota Kranciema atradnes pārvaldes ēka un autostāvvietā. Visiem karsta veidojumiem tika mērīts augstums un raksturota to forma, savukārt septiņiem karsta veidojumu fragmentiem tika zīmētas detalizētas skices. Konkrēti maģistra darba izstrādes gaitā tika konstatēti un uzmērīti 3 paleokarsta veidojumi, 2 no kuriem tika sagatavotas skices.

Pārējās atradnes tika pētītas tieši maģistra darba ietvaros.

**Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradnē** lauka darbu veikšanas laikā arī tika konstatēti un apsekoti 17 senā karsta veidojumi. Visiem karsta veidojumiem tika mērīts augstums un raksturota to forma, vienam karsta veidojumu fragmentam tika zīmēta detalizēta skice.

**Gaitiņu dolomīta atradnē** lauka darbu veikšanas laikā tika konstatēti un apsekoti 7 senā karsta veidojumi. Visiem karsta veidojumiem tika mērīts augstums un raksturota to forma, vienam karsta veidojumu fragmentam tika sagatavota detalizēta skice.

**Turkalnes dolomīta atradnē** lauka darbu veikšanas laikā tika konstatēti un apsekoti 6 senā karsta veidojumi. Visiem karsta veidojumiem tika mērīts augstums un raksturota to forma, savukārt vienam karsta veidojumu fragmentam tika zīmēta detalizēta skice.

**Remīnes dolomīta atradnē** lauka darbu veikšanas laikā tika konstatēti un apsekoti 3 paleokarsta veidojumi. Visiem karsta veidojumiem tika mērīts augstums un raksturota to forma, un vienam karsta veidojumu fragmentam tika sagatavota skice.

**Salenieku (Rītupju) dolomīta atradnē** lauka darbu veikšanas laikā netika konstatēti paleokarsta veidojumi. Bet tā kā atradnes teritorijā tika novērota ķīšsarkanu un pelēkzilu mālu klātbūtne (pārvietots materiāls), kas raksturīga karsta veidojumu aizpildījumam, tad visticamāk, ka senie karsta veidojumi kā dolomīta atradnes nederīgais materiāls, ir izrakti ārā.

**Saikavas dolomīta atradnē** lauka darbu veikšanas laikā netika konstatēti paleokarsta veidojumi. Tas izskaidrojams ar to, ka gandrīz visa atradnes teritorija ir applūdusi. **Pērtnieku un Baraviku dolomīta atradnēs** šobrīd notiek dolomīta ieguve, bet arī šajās atradnēs paleokarsta veidojumi netika konstatēti. **Biržu dolomīta atradne** tika apmeklēta vēl pirms bakalaura un maģistra darbu izstrādes 2005. gadā. Šobrīd tur nenotiek dolomīta ieguve, atradne ir applūdusi, tādēļ nav redzami paleokarsta veidojumi.

- Paraugu noņemšana:

No sešām dolomīta atradnēm - Kranciema, Aiviekstes kreisā krasta, Turkalnes, Remīnes, Gaitiņu, Salenieku (Rītupju), tika noņemti klastiskā materiāla paraugi. Pavisam kopā tika noņemts 31 paraugs (1.1. tab.). Paraugu ņemšanas vietu koordinātes tika noteiktas ar GPS.

- Bakalaura darba izstrādes gaitā iegūto plaisu mērījumu atlikšana kartē, izmantojot datorprogrammu *ArcMAP* un 2007. gada ortofotouzņēmumus.

- Karsta veidojumu atlikšana kartē, izmantojot GPS, kā arī datorprogrammu *ArcMAP* un 2007. gada ortofotouzņēmumus. Ar GPS palīdzību tika noskaidrotas karsta veidojumu atrašanās vietas un forma Kranciema, Aiviekstes kreisā krasta, Gaitiņu, Turkalnes un Remīnes dolomīta atradnēs. Šādā veidā visās dolomīta atradnēs kopā tika uzmērīti 50 paleokarsta veidojumi. Tajā skaitā Kranciema atradnes kartē iekļauti un precizēti bakalaura darba gaitā iegūtie dati par paleokarsta veidojumu izplatību.

## No karsta veidojumiem noņemto paraugu saraksts

Nr. p.k.	Dolomīta atradnes nosaukums	Karsta veidojums, tā Nr. *	Parauga Nr.
1.	Kranciena dolomīta atradne	K-1	K-1-P**; K-1-A1**; K-1-A2**; K-1-A3**
2.		K-3	K-3-1**; K-3-2**; K-3-3**; ALA-1, ALA-2
3.		K-10	K-10-P**
4.		K-14	K-14-P**
5.		K-15	K-15-1P
6.		K-16	K-16-1P; K-16-2P
7.		K-17	K-17-1P
8.	Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradne	AIV-6	AIV-6-1P
9.		AIV-7	AIV-7-1P
10.		AIV-8	AIV-8-1P
11.		AIV-13	AIV-13-1P
12.		AIV-14	AIV-14-1P
13.	Gaitiņu dolomīta atradne	G-3	G-3-1
14.		G-5	G-5-1
15.	Turkalnes dolomīta atradne	T-2	T-2-1; T-2-2
16.		T-4	T-4-1
17.	Remīnes dolomīta atradne	R-1	R-1-P; R-1-1; R-1-2
18.		R-2	R-2-P1; R-2-P2
19.	Salenieku (Rītupju) dolomīta atradne	RI	RI-1

\* - Karsta veidojumu izvietojumu un to numurus skatīt kartēs – 5.2., 5.3., 5.4., 5.5., 5.6. att.

\*\* - Dati izmantoti bakalaura darbā (Kaļva, 2007).

### 3. Laboratorijas pētījumi

Visās atradnēs tika noņemti arī paraugi, kuri, pielietojot sekojošas metodes, tika pētīti laboratorijā:

- granulometriskā analīze paleokarsta veidojumu aizpildījumu klastiskajiem nogulumiem:

Granulometriskā analīze tika veikta 23 karsta veidojumus aizpildošā klastiskā materiāla paraugiem, kas tika noņemti no šādām atradnēm – Kranciema, Aiviekstes kreisā krasta, Gaitiņu, Turkalnes, Remīnes un Salenieku (Rītupju). Maģistra darbā izmantoti arī bakalaura darba (Kaļva, 2007) gaitā veikto 5 granulometrisko analīžu rezultāti. Sākotnēji visi paraugi tika nosvērti. Visos paraugos bija daudz mālainā materiāla, arī ar karbonātiskā materiāla piejaukumu. Lai izšķīdinātu karbonātisko materiālu, paraugi tika šķīdināti ar 7 % HCl. Tālāk paraugi tika mazgāti un skaloti caur sietu ar acu izmēru 0,05 mm, tādējādi smilšainais materiāls tika atdalīts no mālainajām daļiņām. Pēc skalošanas caur sietu tika iegūti gan smilšainā, gan mālainā materiāla paraugi, kuri tika nodalīti atsevišķi, izžāvēti un nosvērti.

Smilšainais materiāls (>0,05 mm) tālāk tika sijāts, izmantojot *detalizēto sietu komplektu* (sietu acu izmēri no 3,15 mm līdz 50 µm; sijāšanas iekārta *Retsch AS 200*).

Pipetes analīze tika veikta 9 mālainā materiāla paraugiem. Pipetes analīzei tika iesvērti 20 g no katra parauga un tie tika izmazgāti lietojot destilētu ūdeni. Paraugi tika ievietoti 1 l graduētā cilindrā, kur pielietots klāt destilēts ūdens, pēc tam izmērīta to temperatūra. Tālāk tika veikta nogulumu mālainās frakcijas (<0,05 mm) pipetes analīze Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Iežu pētījumu laboratorijā. Zināmas problēmas sagādāja skābā vide ūdenī, ko radīja iepriekš veiktā karbonātu šķīdināšana ar 7 % HCl, tādēļ paraugus nācās vairākkārt mazgāt ar destilēto ūdeni.

Granulometriskajā analīzē iegūtie dati tika apstrādāti *Microsoft Excel* datorprogrammā pēc Makmanusa metodes (McManus, 1988) principa (1.2. tab.). Granulometrisko koeficientu un to raksturlielumu tulkojumi latviešu valodā aizgūti no T. Bula darba (Buls, 2007).



- mikrofosīliju raksturošana:

- mugurkaulnieku mikrofosīlijas:

Mugurkaulnieku mikrofosīliju pētījumi ir ļoti nozīmīgi paleokarsta veidojumu aizpildījumu materiāla ģeoloģiskā vecuma noskaidrošanai. Mikrofosīliju raksturošanai tika ņemti 22 klastiskā materiāla paraugi no visām augstāk minētajām atradnēm. Tā kā ievākto paraugu materiāls bija mālains, arī ar karbonātiskā materiāla piejaukumu, tad sākotnēji paraugi tika šķīdināti 15 % etiķskābē. Šādā veidā izšķīda karbonātiskais materiāls. Tālāk paraugi tika skaloti caur sietu ar acu izmēru 0,05 mm, tādējādi smilšainais materiāls tika atdalīts no mālainajām daļiņām. Smilts materiāls tika izžāvēts un tālāk sākti pētījumi mikroskopā. Mikroskopa palielinājumā ar adatiņas palīdzību no paraugiem tika atlasītas mikrofosīlijas. Tā kā ne visos paraugos mikrofosīlijas bija labi saglabājušās, tad tālākie mikrofosīliju pētījumi tika veikti 20 paraugiem. Atlasītās fosīlijas vēlreiz tika pētītas mikroskopā, tādējādi atlasot atpazīstamās fosīlijas no pārējā fosfātiskā materiāla. Tālāk fosīlijas tika fotografētas ar *Nikon* trinokulārā mikroskopa un kameras palīdzību. Fotografējot, pārsvarā tika izvēlēts optiskais palielinājums 22x. Fotografijas tika apstrādātas *Adobe Photoshop* datorprogrammā.

- sporas un putekšņi:

Arī seno sporu pētījumi ir ļoti nozīmīgi senā karsta veidojumu aizpildījumu materiāla ģeoloģiskā vecuma noskaidrošanai, kā arī, iespējams, var sniegt atbildi par karsta procesa norises laiku. Sporu un putekšņu raksturošanai tika ņemti 6 mālainā materiāla paraugi (no katras atradnes viens). Tā kā ievākto paraugu materiāls bija smilšains, arī ar karbonātiskā materiāla piejaukumu, tad sākotnēji paraugi tika šķīdināti 15 % etiķskābē. Šādā veidā izšķīda karbonātiskais materiāls. Tālāk paraugi tika skaloti caur sietu ar acu izmēru 0,05 mm, tādējādi smilšainais materiāls tika atdalīts no mālainajām daļiņām. Mālainais materiāls tika izžāvēts. Smilšaino un mālaino paraugu sagatavošanai Latvijā un arī citās Baltijas valstīs un Krievijā tiek izmantota Gričuka separācijas metode (Гричук, 1950), kura laika gaitā arī ir uzlabota un papildināta (Петрова и др., 1986). Šīs metodes pamatā ir princips, ka dažādiem iežu komponentiem ir dažāds svars. Organiskās daļiņas ir ar mazu īpatnējo svaru, un, uzlejot smago šķīdumu ar lielāku īpatnējo svaru 2,25, tās tiek paceltas un tās var noliet. Parasti lieto smago šķīdumu, ko gatavo, sajaucot 0,5 l ūdens ar 250 g CdJ un 225 g KJ. Šķīduma īpatnējam svaram jābūt aptuveni no 2,20-2,25, jo tad organiskās daļiņas uzpeldēs, bet minerālās grims. Sagatavotos paraugus 2 reizes centrifūgē pa 20 min ar 3000 m/sek, pēc tam uzpeldējušās daļiņas no smagā šķīduma atdala ar ūdeni. Tālāk vidēji šķidrā

paraugu masa tika likta uz segstikliņa, piepilināts glicerīns, pārsegts ar segstikliņu. Tad sporas tika fotografētas ar *Motic BA300* mikroskopa un kameras palīdzību. Fotografējot tika izvēlēts optiskais palielinājums 400x.

#### **4. Kamerālie darbi**

- attēlu apstrāde ar *Corel Draw* datorprogrammu;
- fotogrāfiju apstrāde *Adobe Photoshop* datorprogrammā;
- GPS datu apkopošana un atainošana kartēs, ĢZZF ĢIS laboratorijā izmantojot datorprogrammu *ArcMAP* un 2007. gada ortofotouzņēmumus;
- granulometriskās analīzes datu interpretācija.

## 2. KARSTA RELJEFA FORMAS UN TO IZVEIDI VEICINOŠIE FAKTORI

**Karsts** ir visas tās norises un veidojumi, kuri ir saistīti ar gruntsūdeņu iedarbību uz šķīstošiem iežiem (Chernicoff, 1999). Karsta procesus var iedalīt divās fāzēs: senais jeb paleokarsts un aktīvais jeb mūsdienu karsts (Hodireva, 1997).

Karsta procesus var klasificēt:

- ❖ pēc iežu šķīšanas:
  - pazemes karsts
  - virszemes karsts
- ❖ pēc izpausmes veida:
  - apslēptais karsts
  - atklātais jeb kailkarsts
  - segtais jeb slēgtais karsts
- ❖ atkarībā no karsta iežu dziļuma:
  - dziļkarsts
  - seklskarsts
- ❖ pēc norises laika:
  - aktīvais karsts
  - senais karsts
- ❖ pēc karsta iežiem:
  - karbonātiežu karsts
  - ģipša karsts
  - sāls karsts
  - termokarsts
  - glaciokarsts (Grīne, Zelčs, 1997).

Eiropā karsta procesus ir pieņemts iedalīt trīs lielās grupās:

- eksokarsts;
- endokarsts;
- kriptokarsts (Ford, Williams, 2007).

Karsta procesos rodas dažādas reljefa formas gan virszemē, gan pazemē. Ja iežu šķīšana notiek zemes virspusē vai zem plāna pārsedzošo iežu slāņa, veidojas atklātais jeb eksokarsts jeb virszemes karsts. Ja karsta process noris iežos, kas pārklāti ar biežākiem nešķīstošu iežu slāņiem, veidojas pazemes jeb endokarsta jeb slēgtā karsta formas. Kripokarsts attiecas uz karsta formām, kas attīstījušās zem tādiem caurlaidīgu nogulumu slāņiem kā augsne, apstrādāta zeme, ledāja nogulumi, dažādu nogulu atlikumiem (Ford, Williams, 2007).

## **2.1. Karsta attīstībai nepieciešamie nosacījumi**

Lai izprastu karsta procesus un to attīstību, sākotnēji nepieciešams izprast to saistību ar vairāku dabas procesu norisi, kas ietekmē visus iežu un ainavu tipus, ieskaitot plātņu tektoniku un klimata maiņu (Ford, Williams, 2007). Šajā apakšnodaļā īsumā aprakstīti galvenie karsta procesu attīstībai nepieciešamie nosacījumi.

### **Reljefa virsmas slīpuma ietekme un citi ģeomorfoloģiskie nosacījumi**

Virsmas slīpums nosaka lietusūdeņu un kūstošo sniega ūdeņu infiltrācijas pakāpi. Iecirkņos, kam ir mazāks stāvums, nosacījumi karsta attīstībai ir labvēlīgāki. Svarīgs ir arī neliels virsmas izmērs. Nelielos un līdzenos virsmas laukumos vieglāk var notikt virszemes ūdeņu notecē nekā plašos, kuri kā „siets” uzsūc ūdeni karsta masīva iekšienē. Sadalītos plakanos plato, erozijas kanjonos un tektoniskas izcelsmes ielejās notiek pazemes ūdeņu atslodze un to intensīva cirkulācija karstētu iežu masīvu iekšienē (Гвоздецкий, 1988). Lai saprastu karsta norišu hidroģeoloģiskos apstākļus, nepieciešams izprast karsta veidojumu morfoloģiju (Ford, Williams, 2007).

### **Noteces un klimata ietekme**

Kā jau augstāk atzīmēts, par vienu no karsta attīstībai nepieciešamajiem faktoriem kalpo ūdens kā šķīdinātājs, agresīvo komponentu, attiecībā pret iezi, piegādātājs un izšķīdinātā materiāla aiznesējs. Ūdenim nepieciešams cirkulēt pakāpeniski un bez pārtraukumiem, kas nosaka ģeomorfoloģiskos priekšnosacījumus, bet pats ūdens kā šķīdinātājs – virszemes un pazemes noteces elements, ir cieši saistīts ar klimatu (Гвоздецкий, 1988). Pazemes ūdeņu cirkulācijai karsta attīstībā nozīme ir vienīgi tad, ja ūdens plūst no hipsometriski augstākas vietas

uz zemāku; pretējā gadījumā notecē ir vienkārša ūdens plūsma. Tieši pazemes ūdeņu tīkla attīstība un turbulenta plūsmas veidošanās ir svarīgs nosacījums karsta formu attīstībai (Ford, Williams, 2007).

Nokrišņu daudzums un noteces ietekme ir svarīgākie faktori, kas nepieciešami intensīvai karsta attīstībai dažādas iežu šķīdības apstākļos. Slāņa virsmas augstumam un noteces modulim ir liela saistība ar karsta norises ātrumu. Karsta attīstībai ir svarīgs ne tikai gada nokrišņu daudzums, bet arī gada noteces lielums. Būtisks ir arī nokrišņu sadalījums pa sezonām. Piemēram, subtropu zonas tuksnesī Vidusāzijā karsta procesu attīstībai labvēlīgāki ir apstākļi ziemā un pavasarī, kad kūst sniegs un izkrīt nokrišņi.

Temperatūra karsta procesu attīstību ietekmē netieši. Temperatūras režīms ietekmē hidroloģisko režīmu, nosaka nokrišņu izkrišanu cietā vai šķidrā veidā, ietekmē sniega kārtas kušanu, izsauc atkusni, ziemā arī izraisa aizsalušo poru atkušānu, mūžīgā sasaluma rašanos, un tas viss kopumā būtiski ietekmē karsta attīstību.

Tieša temperatūras ietekme uz karsta attīstību izpaužas dažādā veidā; tas atkarīgs no klimata. Intensīva karsta attīstība bezkarbonātiskos iežos mitrā klimatā paaugstinās līdz ar temperatūras pieaugumu. Sausā klimatā temperatūras palielināšanās noved pie trūcīgo nokrišņu ietekmes samazināšanās, kā rezultātā samazinās karsta attīstība. Arī mitrā klimatā karbonātu karsta attīstība palielinās līdz ar temperatūras paaugstināšanos. Tas skaidrojams ar to, ka ar karbonātiežu šķīdināšana intensīvā ūdens apmaiņā notiek ne līdz pilnīgai ūdens piesātinātībai, kas, pieaugot temperatūrai, praktiski zaudē nozīmi. Laikā, kad palielinās šķīšanas un difūzijas ātrums, CO<sub>2</sub> no gaisa nonāk ūdenī, un palielinās bioķīmisko procesu iedarbība uz veģētācijas slāni un augsni, kas noved pie ūdens bagātināšanās ar CO<sub>2</sub> un citiem pret karbonātiežiem agresīviem komponentiem. Savukārt, sausā klimatā, paaugstinoties temperatūrai, notiek tā jau nabadzīgo nokrišņu ūdeņu iztvaikošana, kas nosaka šķīšanas daudzuma samazināšanos, un tas noved pie karsta procesu attīstības samazināšanās.

Nokrišņu daudzums un gadalaiku maiņa ietekmē karsta attīstību, jo no šiem faktoriem atkarīgs ūdens noteces ātrums, nokrišņu infiltrācija, to iztvaikošana utt. Svarīgs ir arī sniega segas biezums un tā sadalījums reljefa elementos; ziemā vējš sapūš sniegu karsta virsmas pazeminājumos, tādējādi palielinot atkušņu ūdens iedarbību, bet vasarā palielina iztvaikošanu; mitrums nosaka ūdens kondensācijas iespēju.

Pēc L. Jakuča datiem, korozijas procesi mitrajā tropu zonā sasniedz lielu intensitāti, mazāk intensīvi tie ir tuksnesī. Starpstāvokli (samazinās intensitātes pakāpe) ieņem: Vidusjūras, mēreni mitrās, augstkalnu un periglaciālās zonas. Korozijas intensitāte, salīdzinot ar mitrajiem tropiem,

Vidusjūras klimatā ir samazināta 6 reizes, mēreni mitrajā zonā – 8, augstkalnu un periglaciālās zonās – 72 reizes. Dažādās zonās atšķiras galvenie agresīvie aģenti: augstkalnu un periglaciālās – ogļskābe no atmosfēras (45 %), biogēnā ogļskābe augsnē (30 %) un organiskās skābes (15 %); mēreni mitrajā - biogēnā ogļskābe (54 %), organiskās skābes (25 %); Vidusjūras – attiecīgi 55 un 25 %; tuksnesī - neorganiskās skābes (55 %), ogļskābe no atmosfēras (30 %) un ogļskābe no neorganiskiem augsnes procesiem (15 %); mitrākos tropos – biogēnā ogļskābe augsnē (50 %) un organiskās skābes (45 %) (Гвоздецкий, 1988).

### **Augsnes ietekme**

Augsnes segai ir diezgan būtiska ietekme uz karbonātu karsta attīstību. Augsnē notiekošie bioķīmiskie procesi ģenerē ogļskābi. Augsnes šķīduma skābums, pastiprinoties infiltrācijas ūdeņu agresivitātei, nosaka arī dažādu organisko un minerālskābju esamību. Humusa un organiskās minerālvielas piedalās apmaiņas reakcijās, ar kalcija joniem veido nešķīstošus sāļus – humātus, kas arī palielina augsnes šķīdumu agresivitāti. Humusa sastāvā dažkārt dominē fulvoskābe ar ātru skābu reakciju (pH ūdens šķīdumam ir 2,6-2,8). Skābie augsnes šķīdumi ir podzolētas augsnes, purvu augsnes, subtropiskās sarkanžemes u.c.

Ar humusu bagātas augsnes ar sārmainu vai neitrālu reakciju var palielināt infiltrācijas ūdeņu agresiju. Mineralizēti atmosfēras nokrišņi, iesūcoties caur augsnes humusa horizontu, zaudē kalcija un magnija jonus, līdz ar to ūdens agresivitāte palielinās. Pie tam palielinās arī humusa horizonta agregācija un uzlabojas augsnes filtrācijas īpašības (Гвоздецкий, 1988).

### **Augāja ietekme**

Jautājumā par augāja ietekmi uz karsta procesu attīstību ir jāpievērš uzmanība trīs galvenajiem aspektiem. Pirmkārt, augājs ir svarīgs faktors dabisko ūdens īpašību agresijas veidošanā attiecībā uz karbonātiem. Otrkārt, šis hidroloģiskais faktors būtiski ietekmē virszemes noteci un atmosfēras nokrišņu infiltrāciju. Treškārt, šis faktors kavē augsnes izskalošanos un kailkarsta veidošanos. Pirmajā gadījumā augājs ietekmē ķīmiskos procesus karsta attīstībā, kas kā likums sekmē karsta attīstību. Nākamajos divos gadījumos augājs atstāj iespaidu uz fizikālo iedarbību. Meža augšana aizkavē virszemes noteci un aizsargā augsni no sasalšanas, palielina infiltrāciju. Tajā pašā laikā augāja sega bremzē karsta procesu attīstību. Tāpēc var teikt, ka augāja ietekme uz karstu ir divējāda.

Augājs kā hidroloģiskais faktors būtiski ietekmē tikai karbonātu karstu un citu tā paveidu attīstību (Гвоздецкий, 1988).

### **Dzīvo organismu nozīme**

Nedrīkst ignorēt dzīvo organismu ietekmi uz karsta attīstību, kaut arī tā nav tik būtiska kā augsnes augājam. Augsnes bezmugurkaulnieki elpošanas procesā izdala lielu daudzumu ogļskābās gāzes, kas palielina dabisko ūdens agresivitāti un sekmē karbonātu karsta attīstību. Karbonātiežu noārdīšanos ietekmē arī urbējorganismu darbība jūras piekrastes zonā. Atmosfēras nokrišņu infiltrāciju veicina augsnes sairdināšana, ko veic dažādi dzīvnieki (Гвоздецкий, 1988).

### **Antropogēnā faktora ietekme**

Liela loma karsta procesu norisēs mūsdienās ir arī cilvēka darbībai, taču tai nav saistības ar maģistra darba pētījumu priekšmetu.

## **2.2. Īss ieskats paleokarsta pētījumu vēsturē Latvijā**

Līdz šim karsta procesi un veidojumi Latvijas teritorijā ir tikuši pētīti saistībā ar citiem ģeoloģisko pētījumu darbiem – derīgo izrakteņu meklēšanas darbiem un stratigrāfiskajiem pētījumiem. Karsta procesu un veidojumu apraksti ir epizodiski – galvenokārt augšdevona karbonātiežu un ģipšu saturošo iežu izpētes darbu pārskatos. Ir arī īpaši pētījumi, kas veltīti karsta veidojumu raksturošanai, taču tie pārsvarā skāruši mūsdienu karsta procesus un veidojumus. Paleokarsta veidojumu rašanās apstākļi Latvijā ir pētīti maz.

Jāatzīmē, ka N. Delle pirmais pievēris uzmanību karsta iegruvumiem augšdevona iežos Daugavas vidusteces un lejteces krastos Katlakalna, Rempēteru, Jumpravas un Ogres rajonos, un iezīmējis tos arī upes krastu profilos.

Jautājumi par karsta parādībām Daugavas upes ielejā ir apskatīti A. Likošina darbā „Dažas hidrodinamiskās likumsakarības karsta attīstībai platformas zonā”, 1960. g. Senā karsta attīstību kavernu veidā karbonātiežos Daugavas upes ielejā A. G. Likošins saista ar ūdeņu drenāžu uz attāliem erozijas iegrauzumiem, bet seno iegruvumu rašanos – ar pazemes ūdeņu pārvietošanos uz augšu palielinātas plaisainības zonās, kas attiecībā uz pazemes ūdeņu horizontiem spēlē drenāžas lomu. Pēc A. Likošina viedokļa, spiedienūdeņu atslogošanās dēļ tektoniskajās zonās radās ievērojams spiediens, kura lielums pieauga no augšas uz leju. Karsta procesi otrādi – no apakšas uz augšu, sakarā ar apakšējo karbonātu masīvu horizontu intensīvu šķīšanu. Vienlaicīgi

ar dolomītu šķīšanu to plaisās notiek Amatas svītas smilšu sufozijas process (Варфоломеева, 1965).

Karsta izpētes rezultātus no 1955 – 1958 g. par karsta parādībām Daugavas un Lauces upes ielejās apkopojusi O. Varfolomejeva. Viņa raksturojusi seno un mūsdienu karstu, kā arī norādījusi kopējos faktorus, kas iespaido to veidošanos. Senā karsta norises laiku atšķirībā no A. Likošina un J. Sprinģes, O. Varfolomejeva saista ar seno ieleju esamību, ar nogāzēm, ar karbonātiežu drupināšanas un šķīšanas zonām. Samērā intensīva šķīšana notika uz Pļaviņu svītas karbonātisko un Amatas svītas smilšaino iežu kontakta. Milzīgu tukšumu veidošanās, kuros vēlāk iebruka pārsedzošie ieži, var izskaidrot gan ar dolomītu karstu, gan arī Amatas svītas smilšaino iežu sufoziju. Materiālu apkopojums par karsta īpatnībām Latvijas raksturīgākajos un lielākajos karsta apgabalos publicēts Latvijas PSR Ģeoloģijas un derīgo izrakteņu institūtā (Варфоломеева, 1965).

V. Grāvītis un V. Sorokins 1967. gadā ir izteikuši viedokli, ka Apes apkārtnē izplatītie rupjkristāliskie Pļaviņu svītas dolomīti ir veidojušies saistībā ar lokāliem sedimentācijas procesiem un karsta procesu attīstību (Биргеп, 1979). V. Sorokins vairākkārt pieminējis karsta procesu klātbūtni Daugavas svītas iežos. Tā piemēram, Abavas un Ventas upju baseinos Daugavas svītas ģipšus bieži vien ir skāruši karsta procesi, bet dolomītos un ģipšdolomītos slāņveidīgi sastopamas arī karsta brekčijas.

Vairāku dolomīta atradņu izpētes pārskatos saistībā ar derīgo izrakteņu meklēšanas darbiem (Apškalējs, 2000; Hodireva, Kondratjeva, 1993; Lieplapa, 2008; Mēkone, 1969; Serovs, Gubaidulina, 2006; Возвышаев, 1991; Озола, 1982) ir atzīmēti un īsumā raksturoti karsta veidojumi devona dolomītos.

Autores bakalaura darbā „Karsta veidojumi Kranciema atradnē” ir raksturota Kranciema dolomīta atradnē sastopamo karsta veidojumu izplatība, uzbūve, sastāvs un noskaidrots karsta veidojumu aizpildījumu vecums. Šajā darbā ir plašāk apskatīta arī paleokarsta veidojumu pētījumu vēsture Latvijā (Kaļva, 2007).

### **2.3. Iespējamie paleokarsta attīstības etapi Latvijā**

Lai notiktu karsta procesi, ir nepieciešami plaisaini ieži, kuri nodrošina pazemes ūdeņu caurlaidību. Veidojas plaisas, kuru daudzums un garums ir neliels, tāpēc karbonātieži sabrūk tikai

pēc ārēja spēka vai tektoniskās iedarbības, kā rezultātā rodas lielas tektoniskās plaisas. Šīs plaisas ir nosprostotas tik ilgi, kamēr karbonātieži atrodas zem augstāk uzguļošo iežu masīva, tādēļ ūdens apmaiņa starp tiem praktiski nenotiek. Lai atjaunotos ūdens pārtece, pazemes ūdeņiem nepieciešama atslogošanās, tādēļ priekšnosacījums karsta attīstībai ir uzguļošā masīva daļēja denudācija.

Baltijas ģeoloģiskajā vēsturē kontinentālie apstākļi, kuros varētu notikt karsta procesi, ir valdījuši daudzos laikposmos. Tādi ir bijuši pirmskembrijā, kembrijā, vairākos laikposmos arī ordovikā un silūrā. Devona periodā, domājams, eksistēja daudzi kontinentālo apstākļu attīstības posmi. Tomēr par to ilgumu nav pietiekoši daudz datu. Virkne paleokarsta pazīmju devona dolomītos, ko 1978. g. raksturojis V. Sorokins un citi pētnieki, norāda uz karsta procesu norisi jau devonā, salīdzinoši neilgi pēc šo nogulumu izveidošanās. Kamēr pilnībā nebija attīstījies hidroloģiskais tīkls, karsta procesi norisinājās tikai atsevišķos slāņos visā teritorijā. Šajā laika posmā dolomītus šķīdināja pazemes ūdeņi, kas plūda iežu krituma virzienā un kuru erozijas bāze bija reģionālie baseini (Барфоломеева, 1965).

Nākošais karsta attīstības etaps varēja būt saistīts ar lokālo struktūru plaisainības veidošanos. Lokālo struktūru veidošanās laikā Latvijas-Lietuvas depresijas spārna teritorijā norisinājās arī plaisu veidošanās un karbonātiežu šķīdināšana ap plaisām. Uzskata, ka daudzu šo struktūru ģeoloģiskais vecums atbilst devonam. Paleokarsta iegruvumi radās sakarā ar hidroloģiskā tīkla veidošanos.

Sākot no agrā karbona līdz mūsdienām kontinentālie apstākļi tagadējā Latvijas teritorijā ir dominējuši. Tagadējās Latvijas teritorijas dienvidrietumu daļā, kur zem kvartārsegas iegul arī par devonu jaunāki pamatieži, kontinentālie apstākļi ir pastāvējuši īsākus laikposmus.

Ir maz datu par laikposmu no krīta līdz pat neogēnam, kura veidojumi tagadējā Latvijas teritorijā praktiski nav konstatēti. Taču nav izslēgts, ka tieši šajā laikposmā, kurā dominējuši kontinentālie apstākļi, iespējams, ir veidojušies paleokarsta veidojumi, t. sk. maģistra darbā pētītie. Uzskata, ka neogēna sākumā Latvijas teritorija bijusi piepaccelts līdzenums. Miocēnā Baltijas teritorija cēlās. Pliocēnā celšanās mijās ar ievērojumu teritorijas sēšanos. Par celšanās procesiem, domājams, liecina divu seno ieleju izveidošanās, kuru pamatne atrodas 150 līdz 200 m zjl. Ar celšanās fāzi saistīta hidroloģiskā tīkla dziļumerozija, kas veicināja aktīvu ūdens apmaiņu augšdevona iežu masīvos, un virszemes un pazemes noteces sadalījumu. Šajā periodā pamatieži pacēlās 300 m vjl. Tādēļ atsevišķos iecirkņos, seno ieleju malās, pastiprinājās šķīšanas procesi (Барфоломеева, 1965).

Karsta veidojumu attīstībai ir svarīga intensīva pazemes ūdeņu plūsma, kura pastiprinās dziļas erozijas bāzes apstākļos. Šajā sakarā ir svarīgi atzīmēt gigantisko Eridanos upju sistēmu, kas attīstījās paleogēna beigās un neogēnā tagadējā Baltijas jūras ieplakā. Šīs upju sistēmas attīstība bija saistīta ar Fenoskandijas vairoga celšanos un vienlaicīgu Ziemeļjūras baseina grimšanu (Overeem *et al.*, 2001). Nav izslēgts, ka tā izraisīja intensīvu upju tīkla attīstību tagadējā Latvijas teritorijā un kalpoja par iemeslu karsta procesu pastiprinātai darbībai.

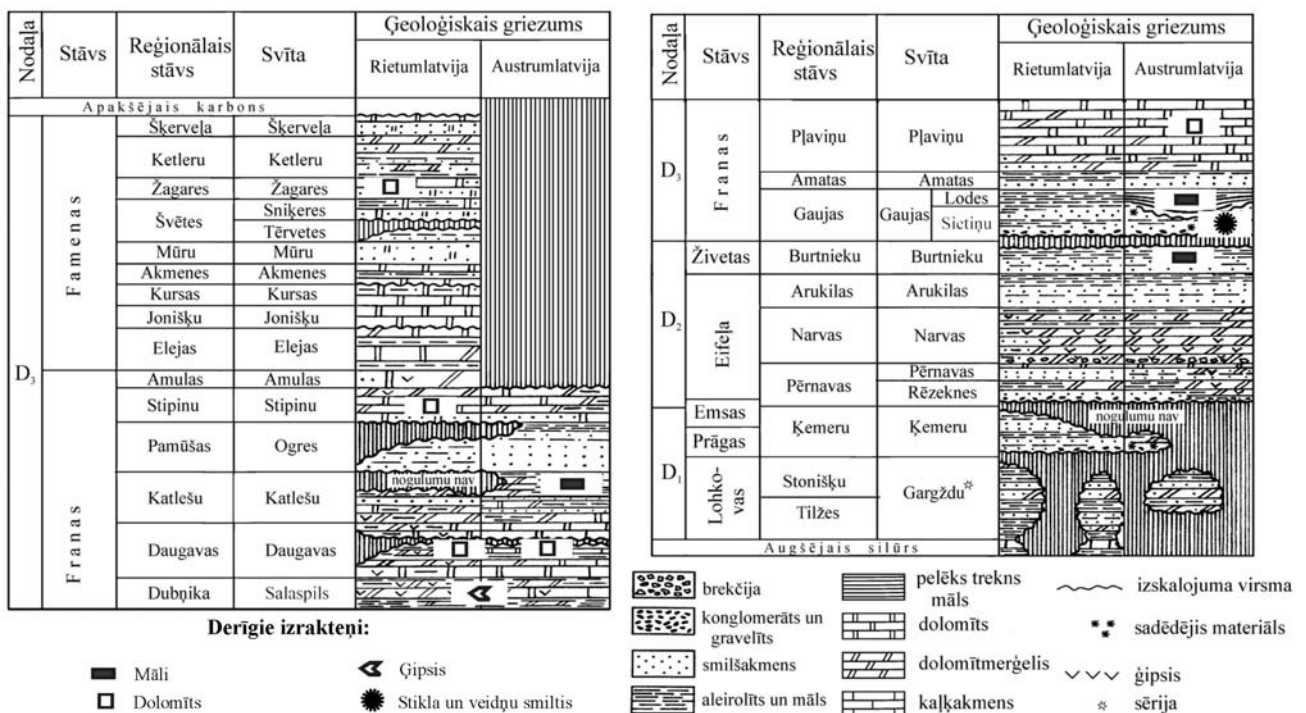
Par seno iegruvumu veidošanās mehānismu ir dažādi viedokļi. Senos iegruvumus Daugavas ielejā A. Likošins 1960. g. ir attiecinājis uz hidrodinamisko karsta tipu, kas saistīts ar drenējošām zonām tektoniskajos traucējumos. Seno iegruvumu veidošanās šajā gadījumā izskaidrojama ar spiedienūdeņu atslogošanos tektoniskajās zonās. Drenējošo joslu malās izveidojās ievērojami hidrauliskie gradienti. Vienlaicīgi ar dolomītu šķīšanu to plaisās notika Amatas svītas smilšakmeņu sufozijas process, kā rezultātā tika izjauktas tektoniskās plaisāšanas zonas dabīgās struktūras. J. Sprinģe 1958. g., atbalstot šo hipotēzi, piebilst, ka pirms dolomītu karsta procesiem Amatas vai Gaujas svītu smiltsiežos sufozijas iznesumu rezultātā veidojās tukšumi (Барфоломеева, 1965).

Sākotnēji tukšumu veidošanas acīmredzot notika uz tektonisko plaisu sabiezīšanās rēķina. Plaisainajās zonās nogruva Pļaviņu, Salaspils, Daugavas un pēc tam Ogres svītu šķīdinātie ieži un, iespējams, jaunāki nogulumi.

### 3. FRANAS STĀVA KARBONĀTISKIE NOGULUMI LATVIJĀ UN TO VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI

Pētāmie paleokarsta veidojumi ir izveidojušies augšdevona Franas stāva Daugavas svītas Daugavas dolomītos, tādēļ pirms pašu karsta veidojumu raksturojuma ir svarīgi apskatīt šīs svītas nogulumu sastāvu, izplatību un veidošanās apstākļus. Lai izprastu, kādos apstākļos veidojās augšdevona Franas stāva nogulumi un iespējamie karsta veidojumu aizpildījumi, ir nepieciešams atzīmēt arī pārējo augšdevona Franas stāva svītu – Gaujas, Amatas, Pļaviņu, Salaspils, Daugavas, Katlešu, Ogres, Stipinu un Amulas svītas raksturīgākās iezīmes.

Augšdevona nogulumi Latvijas teritorijā ir plaši izplatīti un iztrūkst tikai tajās vietās, kur tos eksarējis ledājs. Augšdevons pārstāvēts ar Franas un Famenas stāviem, kuru nogulumi ir daudzveidīgi gan pēc sastāva, gan ģenēzes un tādēļ tiek iedalīti deviņpadsmit svītās. No tām deviņas ietilpst Franas stāva sastāvā (Brangulis u.c., 1998). Franas un Famenas stāva stratigrāfisko iedalījumu parāda 3.1. attēls.



3.1. att. Latvijas devona stratigrāfiskā shēma un ģeoloģiskais griezum (Stinkulis, 2006).

## **Gaujas svīta**

Franas stāva pamatni veido Gaujas svīta, kas sastāv no klastiskajiem nogulumiem ar ciklisku griezuma uzbūvi. Svītas pamatne sastāv no vidējiem un smalkgraudainiem smilšakmeņiem. Griezuma augšdaļā dominē aleiolīti un māli (Brangulis u.c., 1998). Gaujas svītas biezums mainās 59-127 m robežās. Lielākoties biezums sasniedz 100 m. Gaujas svītas biezums pakāpeniski samazinās uz dienvidiem un minimālo biezumu tas sasniedz Latvijas sedlienes austrumu daļā (Биргер и др., 1979).

## **Amatas svīta**

Amatas svītai raksturīgi pelēki un dzeltenīgi smalkgraudaini smilšakmeņi. Tajos bieži sastop cietus veidojumus ar kalcīta un dolomīta cementu. Smilšakmeņi ar kalcīta cementu veido gaišpelēkas un sārtas lodītes un to ķekarus, savukārt, smilšakmeņi ar dolomīta cementu – dzeltenīgas un sārtas plātnes, retāk dzīslas. Otrs dominējošais Amatas svītas nogulu tips ir sarkanbrūni aleiolīti un māli (Brangulis u.c., 1998). Amatas svītas biezums ir samērā pastāvīgs un mainās no 17-45 m; savu maksimumu tas sasniedz uz dienvidiem no Rīgas-Pleskavas kāples (Биргер и др., 1979).

## **Pļaviņu svīta**

Pļaviņu svītas nogulumu veidošanās iezīmēja būtiskas sedimentācijas apstākļu izmaiņas Galvenajā devona laukā, tajā skaitā arī Latvijas teritorijā – klastisko sedimentāciju, kura dominēja jau no devona sākuma, nomainīja pārsvarā karbonātisku nogulumu izgulsnēšanās, kas raksturīga turpmākajai Franā laukmeta attīstībai. Pļaviņu svīta sastāv galvenokārt no dolomītiem ar dolomītmerģeļu, smilšakmeņu, kaļķakmeņu, aleiolītu un mālu starpkārtām. Rietumlatvijā vienu un to pašu slāņu ietvaros metasomatiskie dolomīti pāriet agrīni diaģenētiskajos dolomītos, pieaug mālu un dolomītmerģeļu īpatsvars, vietām sastopamas ģipša lēcas un slāņi (Brangulis u.c., 1998).

Pļaviņu svītas maksimālais biezums ir 44,8 m Latvijas sedlienē – pie Rīgas-Pleskavas kāples, bet rietumu ziemeļrietumu virzienā tas samazinās līdz 20 m. Latvijas-Lietuvas depresijā biezums ir mazāks – ziemeļos no 11–15 m līdz 27,4 m dienvidaustrumos (Skaistkalnes apkaimē) (Биргер и др., 1979).

## **Salaspils svīta**

Salaspils svītas nogulumi – dolomītmerģeļu, mālu, dolomītu un ģipšu slāņmija – ir veidojušies seklā jūrā, līčos un lagūnās ievērojamas baseina regresijas laikposmā. Salaspils svītas griezumā nav viendabīgs. Latvijas sedlienē svītas biezums svārstās no 6 līdz 22 m, tas palielinās pie Rīgas – Pleskavas kāples. Vismazākais biezums sasniedz tikai 6–11 m, tas raksturīgs uz pozitīvām paleostruktūrām: Subates-Kokneses, Viļakas vaļņiem u.c. Latvijas sedlienes ziemeļdaļā svītas biezums pieaug līdz 17–22 m Gulbenes ieliecē un atsevišķos iecirkņos Rīgas – Pleskavas kāples tuvumā. Latvijas - Lietuvas depresijā Salaspils svīta ir 7–31 m bieža. Viskrasākās biezuma svārstības ir vērojamas gar svītas izplatības laukuma ziemeļu robežu, Abavas, Matkules un Rīgas-Pleskavas kāpļu rajons, uz Slokas vaļņa un lokālo pacēlumu grupā Daugavas baseinā. Uz dienvidiem nogulumu biezums ir pastāvīgāks – 9–4 m, un tikai Latvijas – Lietuvas depresijas dienvidu daļā tas pieaug līdz 18–22 m (Brangulis u.c., 1998).

## **Daugavas svīta**

Daugavas svītas nogulumi ir veidojušies jaunas, plašas jūras transgresijas laikā – pārsvarā dolomīti, kuri mijas ar dolomītmerģeļiem, kaļķakmeņiem, māliem un ģipšiem. Svīta gan pēc sastāva, gan pēc faciālās zonalitātes līdzinās Pļaviņu svītai.

Daugavas laikposmā baseins uzvirzījās no Maskavas sineklīzes. Tādēļ arī Daugavas svītā galējos ziemeļrietumos slāņkopās dominē organogēni un homogēni kaļķakmeņi. Šajā ziņā īpaši izceļas Daugavas pasvītas augšdaļa, kurā kaļķakmeņu fācija aizņem gandrīz visu Gulbenes ielieces austrumdaļu. Bet rietumu virzienā kaļķakmeņos pakāpeniski pieaug dolomitizācijas pakāpe (parādās izkļiedēti zonāli dolomīta kristāli, to slāņi un agregāti).

Daugavas svītā centrālajā un Austrumlatvijā galvenokārt ietilpst metasomatiskie dolomīti ar dolomītmerģeļu starpkārtām. Bet Rietumlatvijā Daugavas svītai raksturīga agrīni diaģenētisko dolomītu, dolomītmerģeļu un mālu slāņmija. Visā Latvijas teritorijā nogulumos uz paleovaļņiem ir paaugstināts karbonātiskums, savukārt ieplakās nogulumi ir mālaināki. No Baldones vaļņa uz rietumiem vietām izveidojas norobežoti baseini. Tajos karstajā un sausajā klimatā iztvaikošanas rezultātā ūdens periodiski kļuva piesātināts attiecībā pret ģipsi, kas izgulsnējās kopā ar mālaini karbonātisko materiālu. Tādēļ arī šajā teritorijā nogulumos diezgan plaši satop biežus (līdz 2,6 m) ģipšdolomīta un ģipša starpslāņus un lēcas. Ģipsis nekur nav sastopams svītas izplatības laukuma ziemeļu daļā, tas izskaidrojams ar nelielu saldūdens pieplūdi no sanešu avota (Brangulis u.c., 1998).

Daugavas svītas biežums Latvijas-Lietuvas depresijā mainās no 9–15 m ziemeļos un austrumos līdz 27 m dienvidrietumos (Auces apkārtnē). Latvijas sedlienē tas ir lielāks un mainās no 15 m (Nītaure-Vecpiebalga) līdz 38,7 m (Vecumu urbums), tas kopumā pieaug ziemeļaustrumu virzienā (Биргер и др., 1979). Daugavas svītai lielāks biežums raksturīgs paleoieplakās, bet mazāks – uz vaļņiem un lokālajām struktūrām (Brangulis u.c., 1998).

### **Katlešu svīta**

Katlešu svīta uzguļ izskalotajai Daugavas svītas virsmai, kuru vietām skāruši arī karsta procesi. Tas norāda uz Daugavas svītas nogulumu atsegšanos Zemes virspusē pirms Katlešu laikposma sākuma. Katlešu svītas pamatnē Latvijas austrumu, centrālajā un ziemeļrietumu reģionos ir izsekojams konglomerāts vai izskalojuma brekčija. Tikai Dienvidrietumlatvijā pāreja starp Daugavas un Katlešu svītām ir pakāpeniska. Latvijas austrumu, centrālajā un ziemeļrietumu reģionos svītas apakšdaļu veido raibi māli un mālaini dolomītmerģeļi, vidusdaļā pārsvarā sastop smilšakmeņus un mālainus aleirolītus, kurus uz dienvidiem nomaina dolomīti un dolomītmerģeļi, bet svītas augšdaļā dominē sarkani māli ar salīdzinoši plāniem aleirolītu, dolomītmerģeļu un mālainu dolomītu starpslāņiem. Pēc izskalojuma, kas notika Ogres laikposma sākumā, svītas augšdaļa (Kupravas rida) ir saglabājusies tikai nelielu salu veidā, kas sastopama Mālpils un Gulbenes apkaimē – joslā, kura no dienvidiem piekļaujas Rīgas–Pleskavas kāplei. Stipri mālaini un smilšaini griezumi ir raksturīgi Katlešu svītas izplatības joslai gar Valmieras un Matkules kāplēm. Dienvidaustrumlatvijā sastop tikai Katlešu svītas apakšdaļu un šeit tā sastāv no smilšaini aleirītiskiem vai mālainiem raibiem dolomītiem, kuri ritmiski mijas ar aleirītiskiem raibiem dolomītmerģeļiem vai dolomītiskiem māliem. Uz Liepājas-Saldus pacēluma un vairākās citās vietās Latvijas dienvidrietumu daļā Katlešu svīta ir pilnīgi izskalota Ogres laikposma sākumā.

Svītas biežums Rietumlatvijā mainās no 3 līdz 35 m un pieaug virzienā uz dienvidaustrumiem. Latvijas centrālajā un austrumu daļā tas ir 3–24 m, bet ziemeļrietumos sasniedz 40–56 m (uz biezas mālainās augšdaļas rēķina) (Brangulis u.c., 1998).

### **Ogres svīta**

Ogres svīta Franas stāva karbonātiskajā daļā izceļas ar savu smilšainību. Tā sastāv no smilšakmeņiem, aleirolītiem, dolomītmerģeļiem, smilšainiem dolomītiem, māliem un ģipšiem.

Svītas bazālajā daļā sastop kvarca un māla oļus, kā arī pārskalotas dolomītmerģeļu plātnītes. Šeit sastopamas arī zivju atliekas, kas reizēm veido sakopojumus – „zivju brekčijas”. Svītas apakšdaļā ir zaļganpelēki, vizlaini, smalkgraudaini kvarca-laukšpata smilšakmeņi ar

muldveidīgu slīpslāņojumu un sīki viļņotu slāņojumu. Smilšakmeņos ir māla,  $Fe^{3+}$  savienojumu, kalcīta un dolomīta cements, bet Latvijas dienvidaustrumos vietām arī poikilotopisks ģipša cements. Smilšakmeņos nogulumus pārsedz raibi māli, dolomītmerģeļi un aleirolīti, dolomīti un ģipšdolomīti.

Ogres svītas augšdaļā sastop raibus mālus un dolomītmerģeļus ar aleirolītu un smilšakmeņu starpkārtām. Pastāv uzskats, ka starp Katlešu un Ogres laikposmiem notika ievērojamas teritorijas struktūrplāna izmaiņas, kuras izpaudās visā Austrumeiropas platformas ziemeļrietumu daļā. Pēc Katlešu jūras regresijas un tai sekojošas nogulumu izskalošanas Ogres laikposmā sedimentācijas baseins uzvirzījās Latvijai jau no dienvidiem uz dienvidrietumiem. Jūras baseina transgresija tikai no dienvidrietumiem ir raksturīga visai turpmākajai Latvijas ģeoloģiskās attīstības vēsturei (vismaz līdz jūras periodam). Acīmredzot Ogres laikposmā eksistēja sekla jūra ar samērā intensīvu klastiskā materiāla pieplūdi. Galvenais sanešu avots atradās ziemeļos no jūras. Ogres svītas biezums ir atšķirīgs. Latvijas rietumos tas sasniedz 15-18 m, bet austrumu daļā pat 50 m (Brangulis u.c., 1998).

### **Stipinu svīta**

Stipinu svītas nogulumu veidošanās ir saistīta ar jūras transgresīvo stadiju. Stipinu svīta pārsvarā sastāv no karbonātiskiem jūras nogulumiem – dolomītiem, dolomītmerģeļiem ar smilšakmeņu, aleirolītu, mālu un ģipšu starpkārtām. Tie izplatīti galvenokārt Rietumlatvijā, bet Latvijas austrumu daļā pēc denudācijas ir saglabājušies tikai atsevišķi nogulu relikti, tie izplatīti galvenokārt Gulbenes ieliecē. Svītas apakšdaļu (Imulas ridu) veido dolomītu, mālainu dolomītu un dolomītmerģeļu, reti mālu slāņmija. Smilšakmeņus un aleirolīta starpkārtas, kam raksturīgs mainīgs biezums, sastop izplatības rajona ziemeļu daļā (tuvāk sanešu avotam), uz Slokas vaļņa, Durbes lokālpacēluma, Dienvidkandavas kāples un pie Snēpeles lūzuma. Svītas augšdaļa (Bauskas rida) sastāv no dolomītiem ar retiem dolomītmerģeļu starpslāņiem, virzienā uz augšu paaugstinās griezuma mālainība, parādās arī māla starpkārtas. Mālainība pieaug arī virzienā uz ziemeļiem.

Stipinu svītas nogulumu veidojās jūrā, kura transgresēja no dienvidiem uz dienvidrietumiem – Polijas-Vācijas baseina. Jūras ūdens sāļums bija tuvu normālam, tādēļ veidojās karbonātiskas nogulas, un dzīvoja daudzveidīgi organismi. Jāatzīmē arī tas, ka jūras centrālajā daļā klastiskais materiāls pieplūda minimāli. Latvijas teritorijā atklātai jūrai vistuvāk atradās Kurzemes dienvidu, īpaši dienvidaustrumu daļa. Šeit dominē dolomīti ar samērā bagātīgu organismu kompleksu, kā arī griezumi šeit ir vispilnīgākie un ar maksimālo biezumu – 18 m.

Krasta virzienā (uz ziemeļiem) pieaug gan smilšainā, gan mālainā materiāla saturs – griezumu veido dolomīti, dolomītmerģeļi, māli, smilšakmeņi un aleirolīti. Īpaši augsts klastiskā materiāla saturs ir uz dažādiem paleopacēlumiem, kur spēcīgāk izpaudās viļņu un straumju darbība. Uz dienvidiem no Kabile-Saldus-Zebrene līnijas, kā arī uz ziemeļiem no līnijas Liepāja-Krote-Kuldīga sastop ģipša starpkārtnas un lēcas. Stipinu jūras transgresija attīstījās pulsāciju veidā un, domājams, savu maksimumu sasniedz Bauskas laikposmā, kad marīnie karbonātiskie nogulumu ar organismu atliekām veidojās visā Latvijas teritorijā līdz pat Veļikajas upes baseinam. Pēc tam gan denudācijas procesu iedarbības rezultātā Centrālajā un Austrumlatvijā tie tika lielā mērā izskaloti, un līdz mūsdienām saglabājušies tikai atsevišķu salu veidā. Stipinu svītas biezums mainās no 3–5 m izplatības ziemeļu daļā līdz 18 m uz dienvidiem no Liepājas-Saldus un Matkules kāples (Brangulis u.c., 1998).

### **Amulas svīta**

Amulas svītas nogulumus sastop tikai Latvijas dienvidrietumu daļā. Izplatības laukuma ziemeļdaļā Amulas svīta pārsedz Stipinu svītu ar izskalojumu, bet uz dienvidiem pāreja starp abām svītām ir pakāpeniska. Svītas nogulumus veido smilšakmeņi, aleirolīti, māli, dolomīti un dolomītmerģeļi ar ģipša lēcām un starpkārtām, tie veidojušies Franas laikmeta regresijas laikā.

Amulas svītas nogulumu ir veidojušies seklā jūrā un lagūnās. Sedimentācijas apstākļi bieži mainījās un bija atšķirīgi dažādās baseina daļās. Izplatības laukuma ziemeļos un ziemeļrietumos kopā ar dominējošiem dolomītmerģeļiem veidojās arī smilšaini mālaini nogulumu. Uz pacēlumiem viļņu un straumju darbība gandrīz neļāva nogulsnēties mālainajam materiālam, tāpēc uzkrājās smilšaini karbonātiskas nogulas, bet ieplakās – dolomītmerģeļi un māli. Visvairāk smilšainā materiāla uzkrājās uz Degoles lokālpacēluma un Saldus vaļņa. Gar izplatības laukuma ziemeļu daļu sakarā ar saldūdens pieplūdi no netālu esošā krasta, nogulumos nav ģipša. Uz ziemeļiem no Dienvidkandavas lokālpacēluma (pie Vārmes un Zemītes) nelielā iecirknī galvenokārt uzkrājās māli, mazāk veidojās karbonātiskas nogulas. Dienvidu un dienvidrietumu virzienā pieaug svītas karbonātiskums – tā sastāv no dolomītiem, dolomītmerģeļiem un māliem. Nogulumu ir ģipšaini, it sevišķi teritorijas dienvidaustrumos, gar Baldones kāpli, kā arī dienvidrietumos, uz dienvidiem no Liepājas-Saldus kāples.

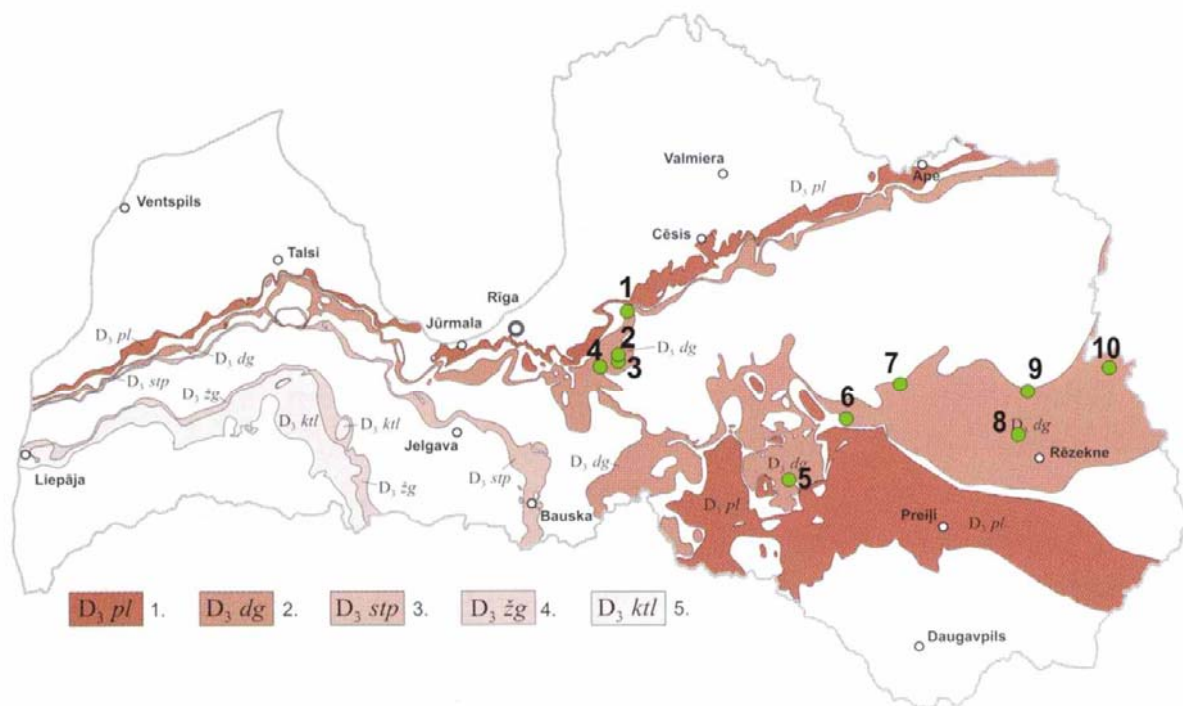
Domājams, ka sanešu avots Amulas laikposmā atradās ziemeļos, par ko liecina smilšainības palielināšanās šajā virzienā un ģipsi nesaturoši griezumi gar svītas izplatības laukuma ziemeļu robežu. Baseina dziļums Amulas laikposmā bijis neliels, uz to norāda ģipša ieslēgumi un starpkārtas, kā arī žūšanas plaisas mālos un mālainos aleirolītos (Brangulis u.c., 1998).

Amulas svīta maksimālo biezumu sasniedz Liepājas - Saldus un Matkules kāples dienvidu daļā savu biezumu mainot no 17-28 m, pakāpeniski palielinoties austrumu dienvidaustrumu virzienā. Ziemeļos Ventas upes ielejā svītas biezums svārstās no 6-10 m un 18 m biezumu tas sasniedz Abavas upes augšteces baseinā (Биргер и др., 1979).

Jāatzīmē, ka ģipša, halīta kristālu pseidomorfožu un citu pazīmju klātbūtne daudzās no aprakstītajām svītām liecina, ka Franas laikmetā tagadējā Latvijas teritorijā eksistēja karsts klimats, kas ir labvēlīgs karsta procesu norisei. Tomēr šīs pazīmes norāda arī uz nokrišņu deficītu (arīdu klimatu), kas nav labvēlīgs karsta norisēm.

#### 4. PĒTĪTO DOLOMĪTA ATRADŅU RAKSTUROJUMS UN IEPRIEKŠĒJO PĒTĪJUMU DATI PAR PALEOKARSTA VEIDOJUMIEM TAJĀS

Šajā nodaļā ir raksturotas maģistra darbā pētītās dolomīta atradnes (4.1. att.). Visās tajās sastopamie dolomīti pēc ģeoloģiskā vecuma pieder augšējā devona Daugavas svītai. No visām svītām Latvijā, kas pārstāvētas ģeoloģiskajā griezumā ar dolomītu slāņkopām, visvairāk senā karsta procesi skāruši tieši Daugavas svītas dolomītus. Pēc ģeoloģiskās literatūras datiem paleokarsta izpausmes novērojamas vairākās Daugavas svītas dolomītu atradnēs - Aiviekstes kreisā krasta, Kranciema, Gaitiņu, Turkalnes, Remīnes, Biržu, Pērtnieku, Saikavas, Salenieku (Rītupju) un Baraviku.



1 - Pļaviņu svīta; 2 - Daugavas svīta; 3 - Stipinu svīta; 4 - Žagares svīta; 5 - Ketleru svīta.

4.1. att. Maģistra darbā pētāmie objekti Daugavas svītas devona dolomīta atradnēs. Kartes pamatne no Kondratjeva, Hodireva, 2000: 1 - Gaitiņu dolomīta atradne; 2 - Remīnes dolomīta atradne; 3 - Turkalnes dolomīta atradne; 4 - Kranciema dolomīta atradne; 5 - Biržu dolomīta atradne; 6 - Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradne; 7 - Saikavas dolomīta atradne; 8 - Pērtnieku dolomīta atradne; 9 - Baraviku dolomīta atradne; 10 - Salenieku dolomīta atradne.

### **Kranciema dolomīta atradne**

Tā izvietota Rīgas rajonā, Ikšķiles lauku teritorijā, tā ir Mazās Juglas upes kreisajā krastā, apmēram 6 km uz ziemeļiem no Ogres, starp Ogres - Turkalnes un Turkalnes – Tīnūžu ceļiem. Atradnes reljefs ir viegli viļņots, nedaudz pazemināts ziemeļu un straujāk – rietumu virzienā. Reljefa absolūtā augstuma atzīmes svārstās no 36,1 m rietumos līdz 38,9 m ziemeļu malā un 41,9 m austrumu malā (Mēkone, 1969; Kaļva, 2007).

Kranciema atradnē ir sastopami karsta procesu radīti vertikāli iegruvumi. Karsta veidojumi atklājās atradnes izmantošanas gaitā, apgrūtināja dolomīta ieguvu un tika atstāti karjerā kā piramīdveida palikšņi (Kondratjeva, Hodireva, 2000; Kaļva, 2007).

Tā kā Kranciema atradnes detalizētā izpēte tika veikta tikai ar urbumiem, nevis pielietota simetriskās elektroprofilēšanas metode, tad paleokarsta veidojumus varēja konstatēt tikai jau izstrādātajā atradnes daļā. Tas parādīts V. Hodirevas promocijas darbā (1997), kur Kranciema dolomīta atradnes shēmā atzīmēti tikai 3 senā karsta veidojumi (situācija uz 1996. gadu).

### **Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradne**

Aiviekstes atradne ir lielākā dolomīta atradne Latvijā, kuru izpētīja 1974. gadā. Gēriņu ciems, Aiviekstes un Vestas upes sadala atradnes teritoriju divās daļās. Aiviekstes kreisā krasta atradne atrodas Jēkabpils rajonā Variešu un Krustpils pagastu teritorijā. Atradnes izpētītie krājumi aizņem 200 ha lielu platību, bet dolomīta iegula turpinās vēl vairākus kilometrus uz dienvidiem, bet šajā daļā tā ir maz pētīta.

Derīgo izrakteni atradnē veido mainīga biezuma – no 3 līdz 13 m (vidēji 7 m) Daugavas svītas dolomītu slāņkopa. Izpētes laikā tā sadalīta 10 litoloģiski atšķirīgos slāņos, kuri vizuāli izsekojami gan urbumu serdēs, gan karjeru sienu skaldvirsmās. Trīs apakšējo slāņu ieži – dolomītmerģeļi un mālaini dolomīti veido atradnes paslāni. Derīgās slāņkopas apakšā iegul slānis ar tumši pelēkiem, smalkkristāliskiem, ļoti stipriem, bet plaisainiem dolomītiem, virs tā iegul monolīts, mazāk izturīga dolomīta slānis, kuru atkal nomaina ļoti stiprie un plaisainie dolomīti. Slāņkopas vidusdaļā izdalās salīdzinoši monolīts slānis ar lāsumainu, vietām porainu un kavernožu dolomītu. Gandrīz visā atradnes teritorijā produktīvās slāņkopas augšdaļu veido tumši pelēks, ļoti izturīgs kvarcītveida dolomīts ar kavernām un plaisām. Izpētītajā atradnē dolomīti iegul zem 1,0–6,2 m biezas segkārtas, kas sastāv no irdeniem kvartāra nogulumiem – morēnas smilšmāla, smilts, kūdras un augsnes (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

### **Gaitiņu dolomīta atradne**

Gaitiņu dolomīta atradne izvietota Rīgas rajonā, Ropažu pagastā, 3 km no Ropažiem. Gaitiņu atradne atrodas Daugavas svītas izplatības rietumu malā, kur tās augšējā daļa parasti ir erodēta, tāpēc atradnes derīgā slāņkopa ir plānāka nekā citās šīs provinces atradnēs – vidēji 5,4 m. Dolomīti ir pelēki, zaļganpelēki, retāk nedaudz sārti pelēki ar slēptkristālisku struktūru. Apakšējai daļai ir raksturīgs paaugstināts mālvielu daudzums (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

V. Apškalējs ģeoloģiskās izpētes pārskatā (Apškalējs, 2000) par Gaitiņu dolomīta atradni atzīmē, ka izstrādātajā karjerā ir palikuši vismaz divi (citi varbūt zem segkārtas atbērtņēm) neizstrādāti palikšņi ar platību līdz 1500 m<sup>2</sup>. Palikšņos nav dolomītu, to vietu aizņem Ogres svītas māli un mergēļi. Šādas anomālijas Ģeoloģijas pārvalde skaidro ar karsta iegruvumiem. Arī V. Hodireva savā promocijas darbā (Hodireva, 1997) atzīmē, ka Gaitiņu atradnē dolomītos ir konstatēti karsta veidojumi.

### **Turkalnes dolomīta atradne**

Turkalnes atradne ir izvietota Rīgas rajonā, Ropažu pagastā un daļa Ogres rajonā, Ikšķiles lauku teritorijā. Atradnes produktīvais slānis ir Daugavas svītas dolomīti, kuri 3,6 km<sup>2</sup> lielā teritorijā dienvidos no Lielajiem Kangariem veido kompaktu iegulu. Labāk izpētīta ir iegulas ziemeļu daļa, jo tur dolomītu slānis atrodas tuvāk zemes virspusei. Vismazākais segkārtas biežums (1,8 m) konstatēts atradnes rietumu spārnā, bet austrumu spārnā tas sasniedz 10 m. Derīgā dolomīta slānis rietumos ir plānāks – tikai nepilni 4 metri, bet austumdaļā tas pieaug līdz 15 m biezumam; vidēji 8,3 m. Atradnes austrumu spārnā konstatēts pilns Daugavas svītas dolomītu slāņu griezumam, bet rietumos saglabājusies tikai apakšējā daļa.

Tāpat kā citās vietās, Turkalnes atradnē Daugavas svīta sastāv no trim atšķirīgām slāņkopām. Svītas pamatnē iegul 2 m biezs bāli dzeltenīgu dolomītu slānis, kas, ja ir pietiekami stiprs, tiek iekļauts produktīvajā slāņkopā, bet, ja ir mālains un mehāniski neizturīgs – atstāts paslānī. Biežāk gan atradnes paslāni veido sarkani Salaspils svīta māli un dolomītmergēļi. Dolomīta slāņkopas augšējo daļu veido tumši pelēki, pārkristalizēti, vairāk vai mazāk kavernozi dolomīta slāņi, kuri mijas ar gaiši dzeltenīgi pelēkiem homogēniem dolomītiem.

Dolomīta ieguvi Turkalnes atradnē lielā mērā apgrūtina daudzie senā karsta veidojumi (iegruvumi), kuri tika konstatēti izpētes laikā, un tajos dolomīts ir šķembu veidā kopā ar māliem un dolomītmiltiem, vai arī izšķīdis un izskalots, bet iegruvumi aizpildīti ar māliem vai vietām aizņem vairākus simtus kvadrātcentimetru lielas platības un, izstrādājot karjeru, tos nākas atstāt vai pārvietot (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

Arī S. Ozola ģeoloģiskajā atskaitē (Озола, 1982) atzīmē, ka tektoniski vājināto zonu rajonos novērota karsta procesu attīstība dolomītos. Visā Turkalnes dolomīta atradnes teritorijā novēroti dažādas pakāpes karstēti ieži. Lai iegūtu pilnīgu informāciju par karsta procesiem, nepieciešama to detāla izpēte. Turkalnes atradnē nav novēroti mūsdienu karsta procesi.

Atradnē tika veikti arī ģeofizikālie darbi. Augsta dolomītu elektroprestība novērojama karsta zonu attīstības tuvumā. Daugavas svītas iezums ir 5-7 un 10-12 m. Ir liels daudzums lokālo zonu, kuru robežās nav sastopami nogulumu ar augstu elektroprestību, kas veidojas karsta procesu klātbūtnē. Pēc 126 urbuma datiem karsta dobums aizpildīts ar mālainiem nogulumiem, zonas kontūru iezīmē 200 omm (elektroprestības) izolīnija. Ģeofizikālie profili tika veidoti urbumos līdz 40-50 m dziļumam, bet citu novērojumu nav (Озола, 1982).

### **Remīnes dolomīta atradne**

Remīnes dolomīta atradne izvietota Rīgas rajonā, Ropažu pagastā (4.2. att). O. Osipova (Осипова, 1987) ģeoloģiskās izpētes pārskatā atzīmē, ka Remīnes dolomīta atradnē aprēķināts „sakarstētības” koeficients, kas ir 0,026. Arī I. Mēkone un A. Reuta (Меконе, Реута, 1967) ģeoloģiskās izpētes pārskatā piemin, ka Remīnes dolomīta atzīmētas karsta kritenes, kas ietekmē derīgā izrakteņa slāņkopu biezumu.



4.2. att. Karsta veidojums GAI-3 Gaitiņu dolomīta atradnē. Pa labi no veidojuma - urbšanas ierīce.

### **Salenieku (Rītupju) dolomīta atradne**

Salenieku dolomīta atradne izvietota Ludzas rajonā, Malnavas pagastā, Rītupes labajā krastā. Atradni veido zaļgani un brūngani pelēki dolomīti, kas ir smalkgraudaini, vietām kavernozi un plaisaini (Mūrnieks, 2004).

Apmeklējot Salenieku dolomīta atradni 2008. gada vasarā, paši karsta veidojumi netika konstatēti, bet vienā karjera sienā bija redzamas nelielas muldveida formas, kuras, iespējams, norāda uz karsta procesiem. Atradnes teritorijā tika novērota arī violeto un zilu mālu klātbūtne, kas raksturīga karsta veidojumu aizpildījumam. Domājams, ka šo teritoriju visticamāk skāruši senā karsta procesi un to pārveidotais plaisainais dolomīts kā nederīgais materiāls ir izrakts ārā un pārvietots.

### **Saikavas dolomīta atradne**

Saikavas dolomīta atradne izvietota Madonas rajonā, Praulienas, Mētrienas un Barkavas pagastos. Tā atrodas vairākus kvadrātkilometrus plašas brahiantiklināles pacēluma virsotnē, tāpēc atradnes robežās ļoti strauji mainās dolomīta slāņkopas biezums – no 1,8 līdz 18,4 m. Pacēluma nogāzē un blakus esošajās sinklinālajās ieliecēs virs dolomīta ir Katlešu svītas māla slānis. Šeit dolomīts ir metasomatiski pārkristalizēts, kvarcītam vai marmoram līdzīgs, vietām masīvs, vietām kavernozs. Antiklinālajā pacēlumā dolomīts ir stipri plaisains un tā virsējais slānis nereti ir sadēdējis (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

Lai noskaidrotu iespējamās karsta zonas, Saikavas dolomīta atradnē 1991.g. tika veikti ģeofizikālie darbi (elektrozondēšanas darbi). Šo darbu rezultātā netika konstatēti senā karsta veidojumi (Возвышаев, 1991).

Apmeklējot Saikavas dolomīta atradni 2008. gada vasarā, lauka darbu gaitā netika konstatēti senā karsta veidojumi. Pētījumiem gan traucēja arī tas, ka gandrīz visa atradnes teritorija ir applūdusi un šobrīd dolomīta rakšanas darbi notiek tikai nelielā atradnes daļā.

### **Pērtnieku dolomīta atradne**

Pērtnieku dolomīta atradne izvietota Rēzeknes rajonā triju pagastu teritorijās: galvenokārt Viļānu un Sakstagala, bet ziemeļu nostūris iesniedzas Rikavas pagastā, 20 km uz rietumiem no Rēzeknes, 4 km attālumā no šosejas Rīga–Rēzekne. Dolomīta iegula sastāv no divām vai trim dolomīta slāņkopām, kas atdalītas ar mālainu iežu slāņkopām. Atradnes griezumā izdalāmi deviņi dažādas nokrāsas un īpašību dolomīta slāņi, kuri izsekojami visā atradnē. (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

Hodireva un Kondratjeva ģeoloģiskajā pārskatā (Hodireva, Kondratjeva, 1993) atzīmē, ka karsta iegruvumi Pērtnieku dolomīta atradnes robežās nav konstatēti. Arī 2008. gada vasarā, apmeklējot Pērtnieku dolomīta atradni, karsta veidojumi netika konstatēti.

### **Baraviku dolomīta atradne**

Baraviku dolomīta atradne izvietota Ludzas rajonā, Mērdzenes pagastā. Baraviku atradnē dolomīts ir ļoti sadēdējis, karsta procesu skarts; tas sastāv no dolomīta šķembām ar dolomītmiltiem un smiltīm. Šī slāņa vidējais biežums ir 3,4 m (Serovs un Gubaidulina, 2006). Arī L. Lieplapa tehniskā projekta pārskatā (Lieplapa, 2008) atzīmē, ka atradnes teritorijā ir konstatēta karsta zona ar tilpumu 398,4 tūkst m<sup>3</sup>. Apmeklējot Baraviku dolomīta atradni 2008. gada vasarā senā karsta veidojumi netika konstatēti. Iespējams, tas izskaidrojams ar to, ka dolomīta ieguve šajā atradnē ir sākusies samērā nesen – 2007. gada augustā.

### **Biržu dolomīta atradne**

Biržu dolomīta atradne izvietota Jēkabpils rajonā, Salas pagastā, 15 km attālumā uz dienvidrietumiem no Jēkabpils pilsētas. Latvijas ģeoloģijas pārvalde 1968. gadā izpētīja divus dolomīta izplatības laukumus ar kopēju nosaukumu - Biržu dolomīta atradne. Vienā no laukumiem – Pūteļu māju tuvumā, pēc detalizētas izpētes 1970. gadā tika apzināti 32,7 milj.m<sup>3</sup> dolomīta krājumu.

Biržu atradne ir Daugavas svītas dolomītu iegula ar 2,3–13,7 m (vidēji 7,9 m) biezu derīgo slāņkopu un 0,5-5,7 m (vidēji 3,6 m) biezu segkārtu. Dolomīts, kas veido derīgo slāņkopu, ir plaisains un vietām satur daudz poru un kavernu. Atradnes centrālajā daļā, kur dolomīti ir mazāk dēdējuši, praktiski visa slāņkopa sastāv no ļoti izturīgiem dolomītiem (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

Biržu atradnē karsta veidojumi dolomīta slāņkopā izpaužas kā šahtveida iegruvumi ar stāvām malām, kuru tuvumā ir vērojama arī bagātīga dzelzs hidroksīda uzkrāšanās. Šie iegruvumi aizņem dažādu platību – no dažiem desmitiem līdz pat vairākiem simtiem kvadrātmetru. Nereti konstatējams, ka virs iegruvumiem ir izveidojušies padziļinājumi, kas aizpildījušies ar kvartāra nogulumiem. Šo karsta un arī sufozijas veidojumu dziļums un apakšējā robežvirsmā, kā arī veidošanās mehānisms nav pietiekami izpētīti. Karsta procesos pārveidotais materiāls, kā arī iegruvumu tuvumā ar dzelzs savienojumiem un māliem bagātais dolomīts netika izmantots, bet atstāts atradnē palikšņu veidā. Biržu atradnē šādi palikšņi aizņem 16 % teritorijas. Tāpat kā

lielākajā daļā Latvijas atradņu, arī Biržos dolomīts iegul zem pazemes ūdens līmeņa (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

G. Bahrovkina ģeoloģiskās izpētes pārskatā (Барховкина, 1989) par Biržu atradni ir paudusi viedokli, ka paleokarsts attīstījās devonā. Starp vecākiem iežiem devona vietām sastopami jaunāki devona vecuma ieži, kas atbilst Katlešu un Ogres svītas vecumam un tos veido pulverveida un atlūzu masa – smilšaini merģeļi, baltas smiltis, sarkanbrūni māli un aleirīts. Karsta pārveidoti ieži dziļumā lielākoties gadījumu sastāda par 100%. Tas konstatēts ģeofizikālo darbu rezultātā.

V. Hodireva savā promocijas darbā (Hodireva, 1997) norāda, ka efektīva metode karsta veidojumu noteikšanai un lokalizācijai ir simetriskā elektriskā profilēšana, ko veiksmīgi izmantoja ģeofiziķi, veicot papildus izpētes darbus Biržu dolomīta atradnē. Biržu dolomīta atradne tika apmeklēta 2005. gadā, vēl pirms bakalaura un maģistra darba izstrādes. Tā kā jau vairākus gadus šajā atradnē nenotiek dolomīta ieguve, tā ir applūdusi un šobrīd nav atsegta neviena dolomīta siena, līdz ar to netika novērotas jebkādas pazīmes, kas liecinātu par paleokarstu.

## 5. PĒTĪTO PALEOKARSTA VEIDOJUMU FORMA, IZMĒRI UN IZPLATĪBA

Maģistra darba ietvaros, apmeklējot Daugavas svītas dolomīta atradnes, paleokarsta veidojumiem jau pēc vizuālām pazīmēm ir novērojamas samērā lielas nogāžu slīpuma atšķirības. Tas ir izskaidrojams ar to, ka karsta veidojumi tika atsegti atradnes dolomīta iegūšanas laikā, līdz ar to nogāžu slīpums neatbaido karsta veidojumu dabisko formu, tātad to ievērojami ietekmējusi tehnogēnā darbība. Protams, jāņem vērā arī dabiskie nogāžu procesi. Līdz ar to pārsvarā gadījumu samērā grūti spriest par sākotnējo karsta veidojumu nogāžu slīpumu. Tomēr, kā aprakstīts darba nākamajā nodaļā, vietām var labi novērot karsta veidojumu kontaktus ar Daugavas svītas dolomītu slāņkopu, un tur redzams, ka šo veidojumu sienas ir tuvu vertikālam, nereti arī veido pārkari. Tādējādi karsta veidojumi ir vai nu vertikālam tuvi, cauruļveida, vai arī atgādina otrādi apgāztus celmus – ar platāko daļu augšā (Kaļva, 2007).

Tā kā karsta procesu skartie ieži dolomīta iegūšanas procesā veido nederīgo materiālu, tos no atradnes lielākoties neizved un tie veido palikšņus jau izstrādātajā atradnes daļā, tādēļ tos viegli konstatēt jau tikai pēc vizuālajām pazīmēm (5.1. att.). Maģistra darbā izmantotās pētījumu metodes neļāva konstatēt karsta veidojumu kopējo dziļumu.



5.1. att. Karsta veidojums T-3 Turkalnes dolomīta atradnē.

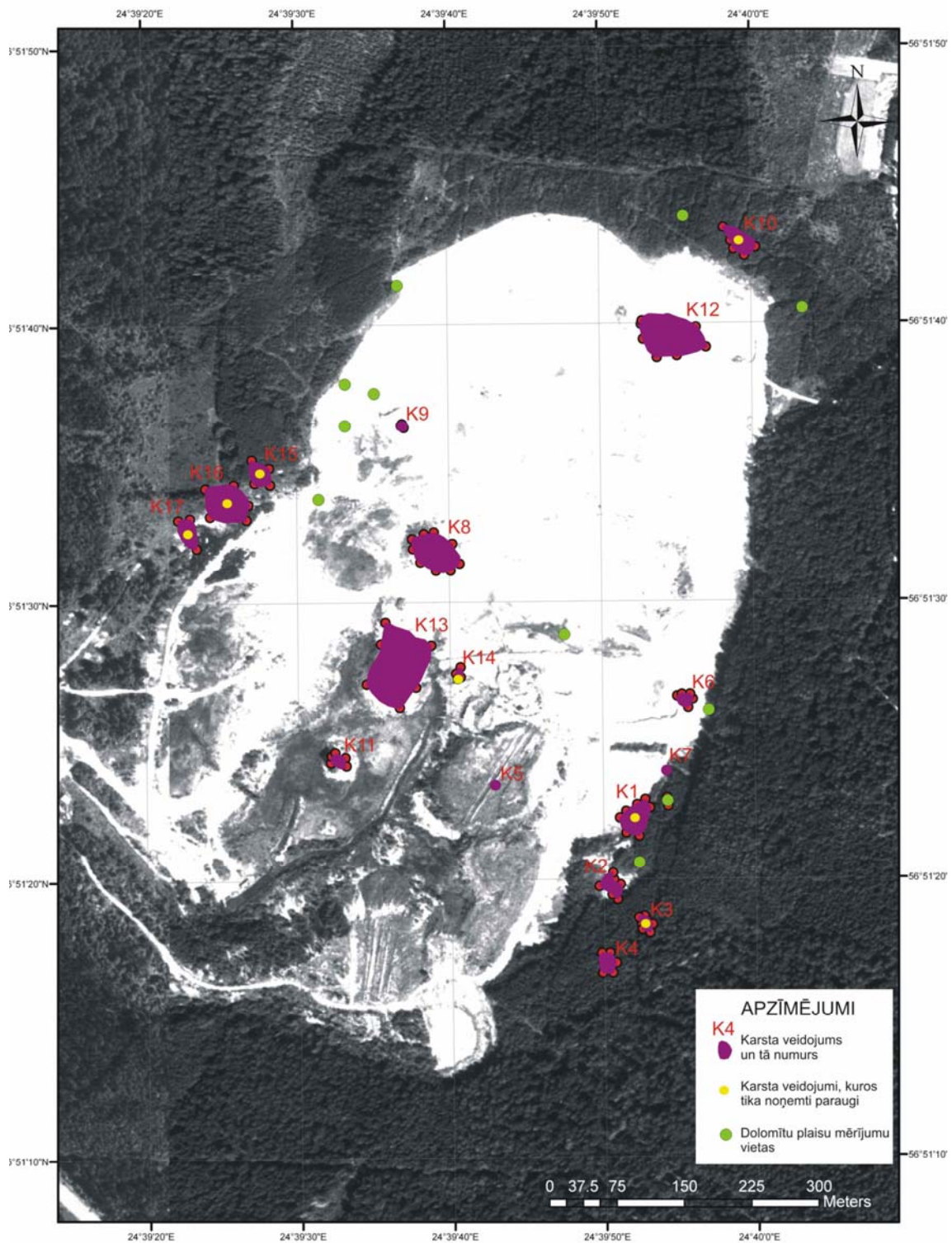
## Kranciema dolomīta atradne

Karsta veidojumiem Kranciema atradnē ir dažāda platība – no dažiem kvadrātcentimetriem līdz vairākiem simtiem kvadrātmetru. Karsta veidojumi atklājās atradnes izmantošanas gaitā, apgrūtināja dolomīta ieguvi un tika atstāti karjerā kā piramīdveida palikšņi (Kondratjeva, Hodireva, 2000; Kaļva, 2007).

Tā kā Kranciema dolomīta atradnes detalizētā izpēte tika veikta tikai ar urbumiem, nevis pielietota simetriskās elektroprofilēšanas metode, tad paleokarsta veidojumus varēja konstatēt tikai jau izstrādātajā atradnes daļā. Tas parādīts V. Hodirevas promocijas darbā (1997), kur Kranciema dolomīta atradnes shēmā atzīmēti tikai 3 senā karsta veidojumi (situācija uz 1996. gadu), savukārt 2006.- 2008. gadā, veicot lauka pētījumus bakalaura un maģistra darba ietvaros, tika konstatēti 17 paleokarsta veidojumi. Šī atšķirība izskaidrojama ar to, ka iegūstot dolomītu, atradnes kontūras 10 gadu laikā ir būtiski mainījušās, tātad atradne ievērojami paplašinājusies.

Kranciema atradnē šobrīd sastopamo karsta veidojumu relatīvais augstums virs karjera pamatnes svārstās no 5,0 līdz 9, pat 10 m. Lielākā daļa veidojumu sasniedz 9,5 m relatīvo augstumu.

Pēc iegūtajiem GPS datiem ar 2007. g. ortofotouzņēmumiem un *ArcMAP* un *Corel Draw* datorprogrammu palīdzību tika izveidota karsta veidojumu shematiska karte (5.2. att.). Paleokarsta veidojumi kartē attēloti ar violetu krāsu. Redzams, ka tie būtiski atšķiras gan pēc lieluma, gan arī pēc to formas. Forma pārsvarā ir ieapaļa vai iegarena. Kā jau iepriekš minēts, paraugi tika ņemti no 7 karsta veidojumiem, kas kartē atzīmēti ar dzeltenu krāsu.



5.2. att. Paleokarsta veidojumu izvietojums, paraugu ņemšanas vietas un plaisu mērījumu vietas Kranciema atradnē pēc GPS datiem 2008. g. septembrī (kartes pamatne: ArcMAP programma un 2007. g. ortofotouzņēmumi; ĢZZF ĢIS laboratorija). Paraugu ņemšanas vietas ir precīzāk parādītas karsta veidojumu shēmās (sk. nākamo darba nodaļu).

### **Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradne**

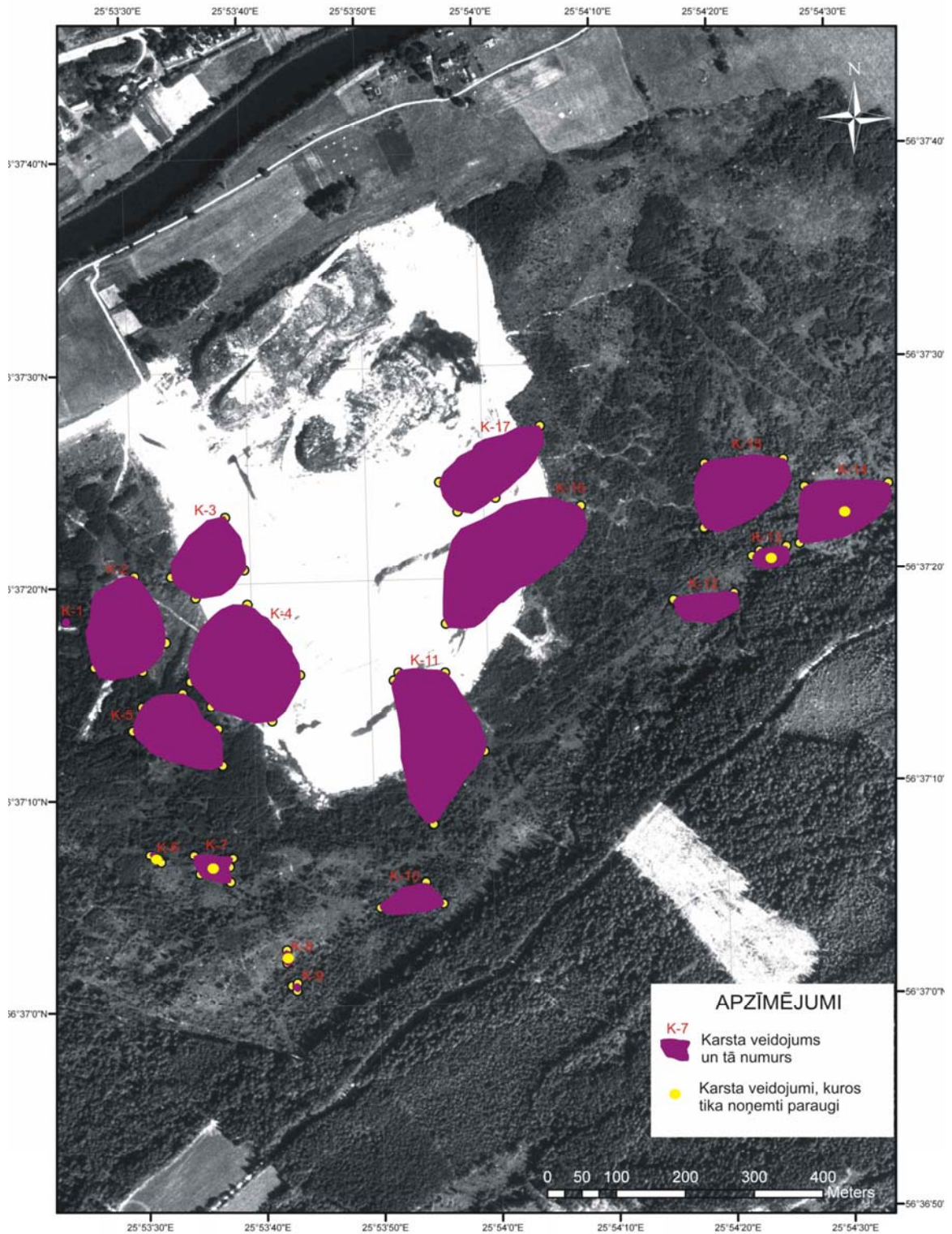
2008. gada vasarā, veicot lauka pētījumus, Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradnē tika konstatēti 17 paleokarsta veidojumi. Atradnē šobrīd sastopamo karsta veidojumu relatīvais augstums virs karjera pamatnes svārstās no 5,0 līdz 10,0 m. Liela daļa veidojumu sasniedz 8 m augstuma atzīmi.

Pēc iegūtajiem GPS datiem ar 2007. g. ortofotouzņēmumiem un *ArcMAP* un *Corel Draw* datorprogrammu palīdzību tika izveidota karsta veidojumu shematiska karte (5.3. att.). Karsta veidojumi kartē attēloti ar violetu krāsu. Redzams, ka tie būtiski atšķiras gan pēc lieluma, gan arī pēc to formas. Forma pārsvarā ir ieapaļa vai iegarena. Klastiskā materiāla paraugi tika ņemti no 5 karsta veidojumiem, kas kartē atzīmēti ar dzeltenu krāsu.

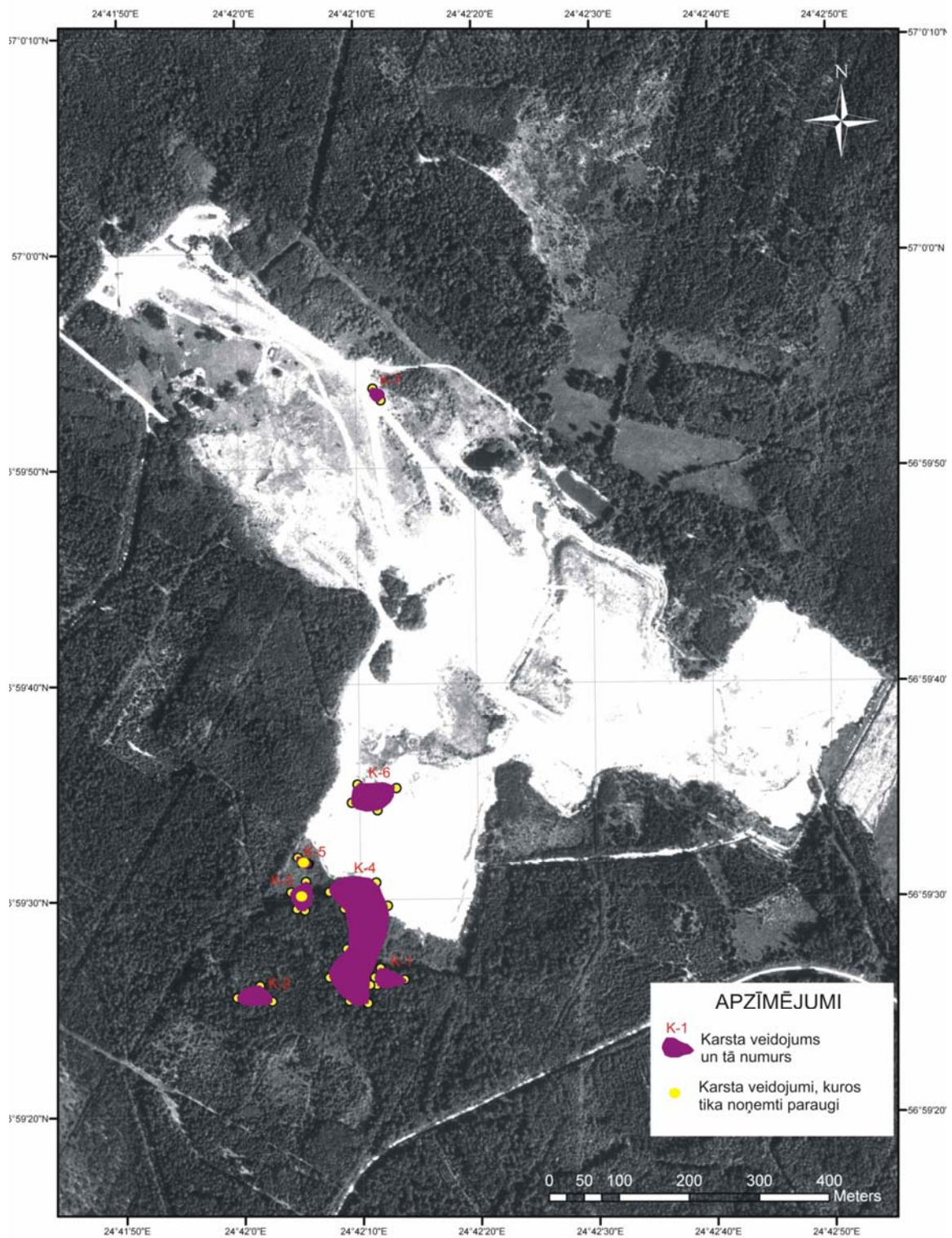
### **Gaitiņu dolomīta atradne**

2008. gada vasarā, veicot lauka pētījumus, Gaitiņu dolomīta atradnē tika konstatēti un apsekoti 7 paleokarsta veidojumi. Atradnē šobrīd sastopamo karsta veidojumu relatīvais augstums virs karjera pamatnes svārstās no 4,0 līdz 8,0 m. Liela daļa veidojumu sasniedz 6 m augstuma atzīmi.

Pēc iegūtajiem GPS datiem ar 2007. g. ortofotouzņēmumiem un *ArcMAP* un *Corel Draw* datorprogrammu palīdzību tika izveidota karsta veidojumu shematiska karte (5.4. att.). Karsta veidojumi kartē attēloti ar violetu krāsu. Redzams, ka tie būtiski atšķiras gan pēc lieluma, gan arī pēc to formas. Forma pārsvarā ir ieapaļa vai iegarena. Klastiskā materiāla paraugi tika ņemti no 2 karsta veidojumiem, kas kartē atzīmēti ar dzeltenu krāsu.



5.3. att. Paleokarsta veidojumu izvietojums un paraugu ņemšanas vietas Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradnē pēc GPS datiem 2008. g. septembrī (kartes pamatne: ArcMAP programma un 2007. g. ortofotouzņēmumi; ĢZZF ĢIS laboratorija). Paraugu ņemšanas vietas ir precīzāk parādītas karsta veidojumu shēmās (sk. nākamo darba nodaļu).



5.4. att. Paleokarsta veidojumu izvietojums un paraugu ņemšanas vietas Gaitiņu dolomīta atradnē pēc GPS datiem 2008. g. augustā (kartes pamatne: ArcMAP programma un 2007. g. ortofotouzņēmumi; ĢZZF ĢIS laboratorija). Paraugu ņemšanas vietas ir precīzāk parādītas karsta veidojumu shēmās (sk. nākamo darba nodaļu).

### **Turkalnes dolomīta atradne**

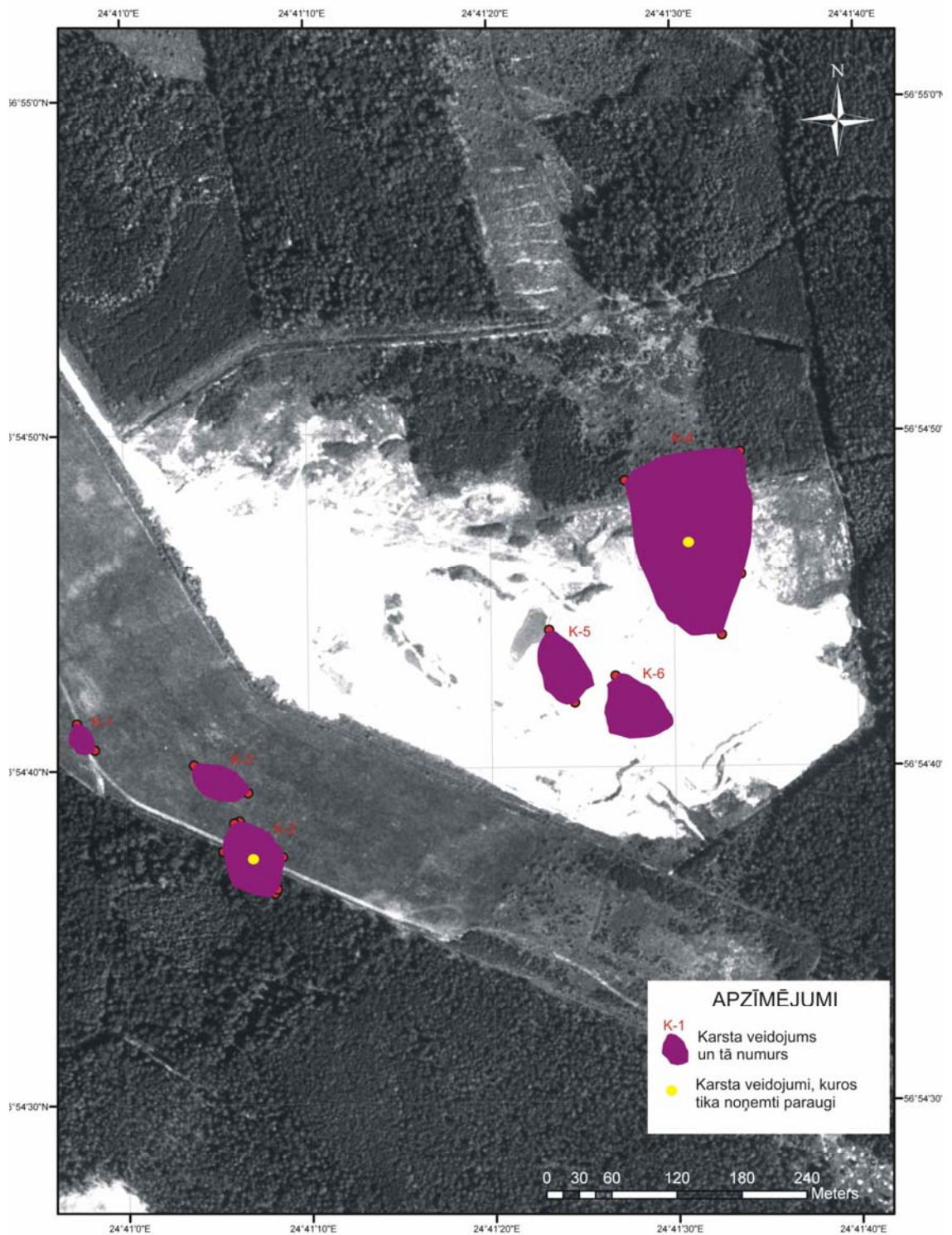
2008. gada vasarā, veicot lauka pētījumus, Turkalnes dolomīta atradnē tika konstatēti un apsekoti 6 paleokarsta veidojumi. Atradnē šobrīd sastopamo karsta veidojumu relatīvais augstums virs karjera pamatnes svārstās no 7,0 līdz 11,0 m. Liela daļa veidojumu sasniedz 9,0 m augstuma atzīmi.

Pēc iegūtajiem GPS datiem ar 2007. g. ortofotouzņēmumiem un *ArcMAP* un *Corel Draw* datorprogrammu palīdzību tika izveidota karsta veidojumu shematiska karte (5.5. att.). Karsta veidojumi kartē attēloti ar violetu krāsu. Redzams, ka tie būtiski atšķiras gan pēc lieluma, gan arī pēc to formas. Forma pārsvarā ir ieapaļa vai iegarena. Klastiskā materiāla paraugi tika ņemti no 2 karsta veidojumiem, kas kartē atzīmēti ar dzeltenu krāsu.

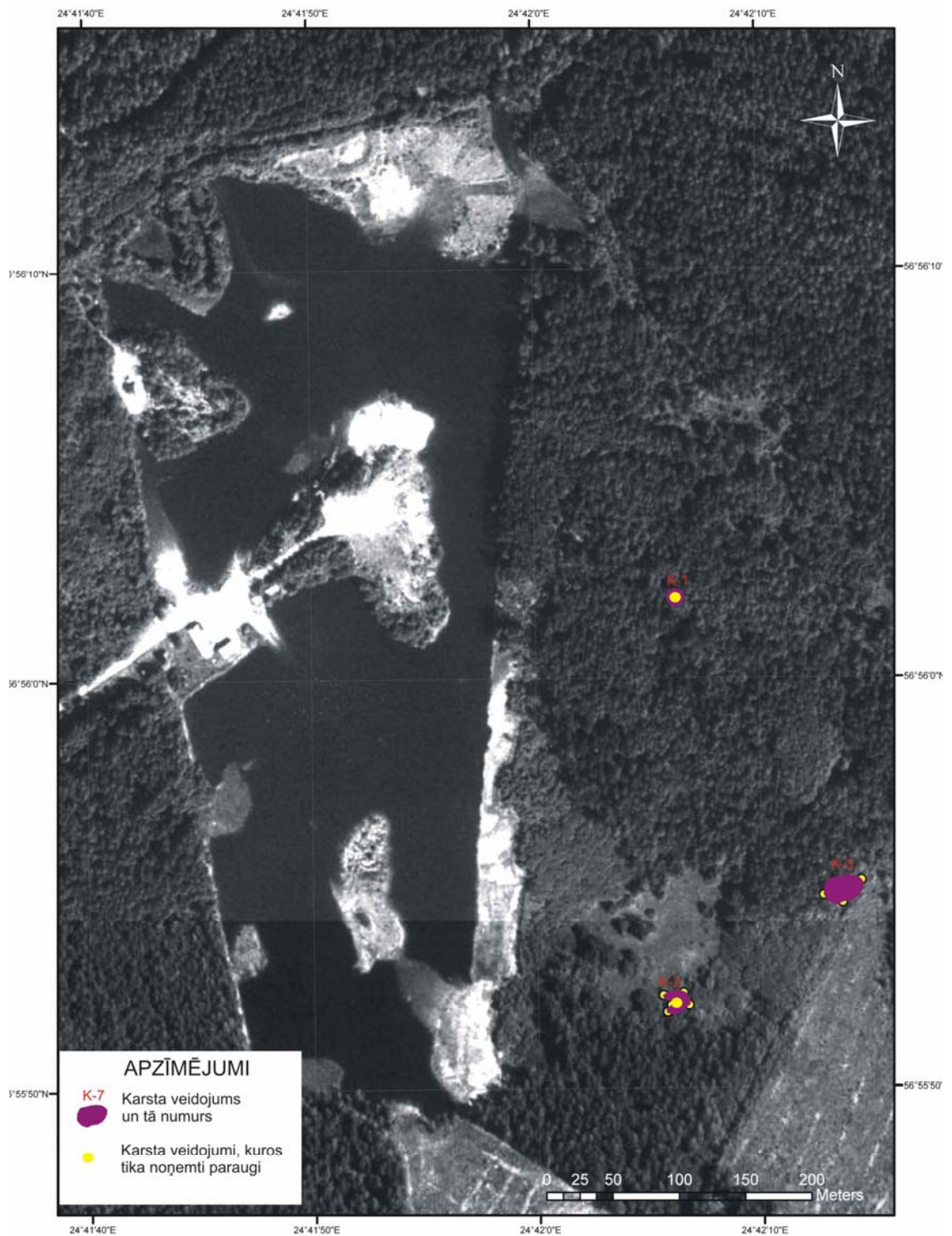
### **Remīnes dolomīta atradnē**

2008. gada pavasarī, veicot lauka pētījumus, Remīnes dolomīta atradnē tika konstatēti un apsekoti 3 senā karsta veidojumi. Atradnē šobrīd sastopamo karsta veidojumu relatīvais augstums virs karjera pamatnes svārstās no 3,5 līdz 5,0 m.

Pēc iegūtajiem GPS datiem ar 2007. g. ortofotouzņēmumiem un *ArcMAP* un *Corel Draw* datorprogrammu palīdzību tika izveidota karsta veidojumu shematiska karte (5.6. att.) Karsta veidojumi kartē attēloti ar violetu krāsu. Redzams, ka tie būtiski atšķiras gan pēc lieluma, gan arī pēc to formas. Forma pārsvarā ir ieapaļa vai iegarena. Klastiskā materiāla paraugi tika ņemti no 2 karsta veidojumiem, kas kartē atzīmēti ar dzeltenu krāsu.



5.5. att. Paleokarsta veidojumu izvietojums un paraugu ņemšanas vietas Turkalnes dolomīta atradnē pēc GPS datiem 2008. g. augustā (kartes pamatne: ArcMAP programma un 2007. g. ortofotouzņēmumi; ĢZZF ĢIS laboratorija). Paraugu ņemšanas vietas ir precīzāk parādītas karsta veidojumu shēmās (sk. nākamo darba nodaļu).



5.6. att. Paleokarsta veidojumu izvietojums un paraugu ņemšanas vietas Remīnes dolomīta atradnē pēc GPS datiem 2008. g. maijā (kartes pamatne: ArcMAP programma un 2007. g. ortofotouzņēmumi; ĢZZF ĢIS laboratorija). Paraugu ņemšanas vietas ir precīzāk parādītas karsta veidojumu shēmās (sk. nākamo darba nodaļu).

## 6. PALEOKARSTA VEIDOJUMU ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE UN KONTAKTI AR DOLOMĪTIEM

Daugavas svītas dolomīta atradnēs esošie karsta veidojumi ģeoloģiskās uzbūves ziņā ir samērā līdzīgi. Plānā karsta veidojumi izskatās kā ieapaļi vai ovāli laukumi, bet dolomīta slāņkopā tie redzami kā vertikāli šahtveida iegruvumi. Karsta veidojumiem ir labi izteiktas robežas (6.1. att), tādēļ tos ir viegli atpazīt pat tajās atradnes daļās, kur tie atsedzas tikai daļēji. Karsta veidojumu augšējā virsma ir pleistocēna ledāju erozijas skarta vai arī pārveidota dolomīta iegūšanas laikā. Karsta iegruvumus aizpilda dažādi klastiskie, pārsvarā mālaini nogulumi, kas tiks raksturoti turpmākajās šī darba nodaļās. Iegruvušie ieži ir irdeni, bez tam tiem raksturīga violeta un ķiršsarkana krāsa, tādēļ jau pēc vizuālām pazīmēm var noteikt robežu starp Daugavas svītas dolomītiem un karsta veidojumu aizpildījumiem. Karstu veidojumu apakšējo kontaktu un to kopējo dziļumu ar maģistra darbā pielietotajām metodēm nevarēja noteikt, jo tie, domājams, iesniedzas vēl neizstrādātajā atradnes pamatnē. Karsta iegruvumi apmeklētajās atradnēs ir aizpildīti ar dažāda sastāva iežiem: gaišāk vai tumšāk violetiem, pelēcīgiem, zilganiem māliem, ar smilts materiālu, iespējams pat smilšakmeņiem. Vietām novērojama arī dzelzs savienojumu klātbūtne. Dažu karsta veidojumu iegruvumu malās varēja novērot dažāda izmēra dolomīta gabalus (Kaļva, 2007).



6.1. att. Senā karsta veidojums AIV-6 Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradnē – iegruvums ar krasām robežām.

## Kranciema dolomīta atradne

V. Hodireva savā promocijas darbā (Hodrieva, 1997) atzīmē, ka karsta veidojumi arī Kranciema atradnē visos gadījumos ģeoloģiskās uzbūves ziņā ir līdzīgi. Dolomīta slāņkopā redzams vertikāls šahveida iegruvums ar krāsām robežām. Plānā to šķērsgriezums atainojas kā ieapaļš, reizēm sarežģītas formas laukums 10–50 līdz pat vairākiem simtiem metru diametrā. Tā augšējā virsma vienmēr ir skarta erozijas procesos. Visu pētīto senā karsta veidojumu, kas pārrauj Daugavas svītas iežus, augšējais kontakts ir izveidojies zemkvartāra virsmā. Šo karstu veidojumu apakšējais kontakts un to absolūtais dziļums ir maz pētīts. Atsevišķi ģeoloģiskās izpētes urbumu dati liecina, ka slāņu vertikālā pārvietošanās lejup ir vairāki desmiti metru, un nedaudzi šādās vietās urbtie urbumi nerasniedz netraucētu slāņu sākotnējo sagulumu pat 60–70 m, vietām 100–150 m dziļumā. Šie iegruvumi ir aizpildīti ar dažāda sastāva iežiem: pelēcīgiem, zilganiem un violetīgiem māliem, pelēcīgiem aleirolītiem, gaišiem, sīkgraudainiem kvarca smilšakmeņiem, kuri tuvākajā apkārtnē raksturīgi Katlešu svītai (6.2. att.). Samērā reti iegruvumu malās novēro dolomīta gabalus, kas atšķirtos no aptverošajiem iežiem. Kaut gan iegruvumu un ietvērējiežu kontakti ir gandrīz vertikāli un dažāda sastāva ieži ir krasi nodalīti – smilts un māls, kā arī dzelzs savienojumi tiek ieskaloti dolomītu slāņkopā pa plaisām vai tukšiem kanāliem. Tādēļ šo iegruvumu tuvumā esošie dolomīti tiek stipri piesārņoti un kļūst nederīgi ieguvei (Hodireva, 1997; Kaļva, 2007).

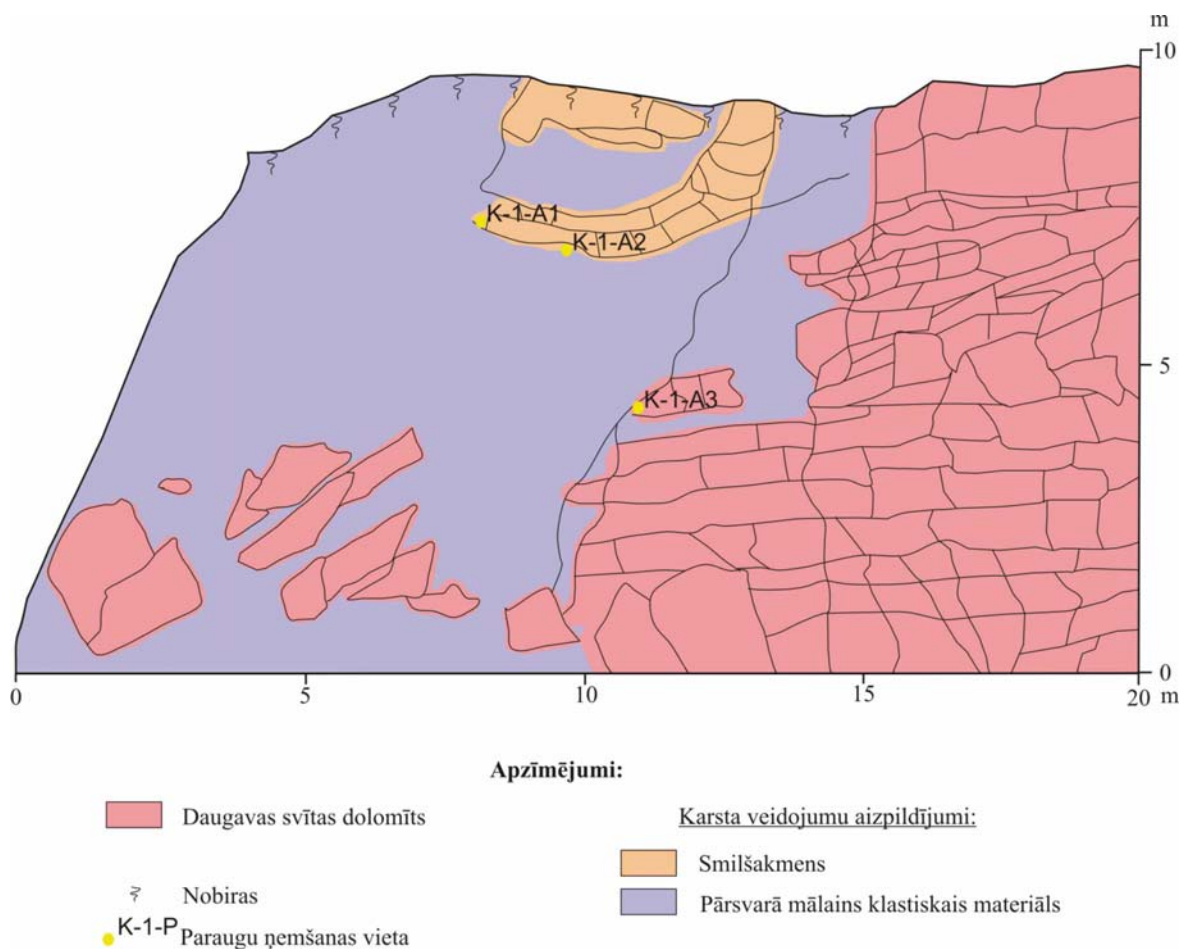


6.2. att. Paleokarsta veidojums Kranciema dolomīta atradnē K-4, kurā redzama tā aizpildījuma materiālam raksturīgā zilganpelēkā un ķiršsarkanā krāsa.

Kranciema dolomīta atradnē tika zīmēti 7 senā karsta veidojumi. Šie attēli uzskatāmi atspoguļo karsta veidojumu formu un iežu sagulumu (6.3., 6.4., 6.5., 6.6., 6.8., 6.9., 6.10. att.).

- Karsta veidojuma K-1 dienvidu daļa:

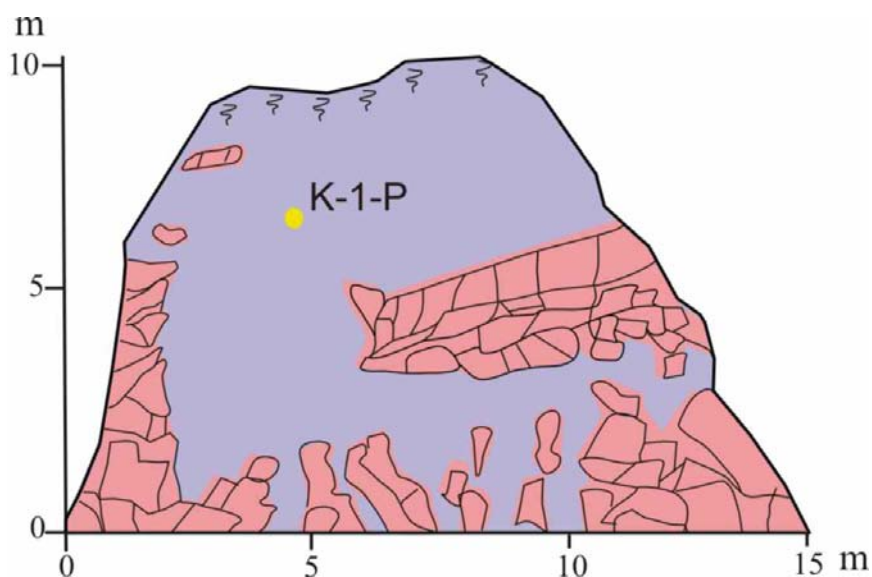
Karsta veidojuma K-1 dienvidu daļā ir labi izteikts kontakts starp dolomītiem un klastiskajiem iežiem, sienas vērsums -  $300^{\circ}$ . Karsta veidojuma augstums sasniedz aptuveni 10 m, bet platums 18 m. Karsta veidojuma aizpildījuma rietumu daļa ir mālaināka nekā austrumu daļa. Attiecīgi esošais klastiskais materiāls ir mālains - pelēcīgi zilgans, vietām violets, bet dolomīts dzeltenīgi pelēks. Aptuveni atseguma vidusdaļā atsedzas smilšakmens ar dolomīta cementu bloks, kura sastāvs tika noskaidrots bakalaura darbā plānslīpējumu pētījumu rezultātā (Kaļva, 2007).



6.3. att. Karsta veidojuma K-1 dienvidu daļas zīmējums (Kaļva, 2007).

- Karsta veidojuma K-1 ziemeļu daļa:

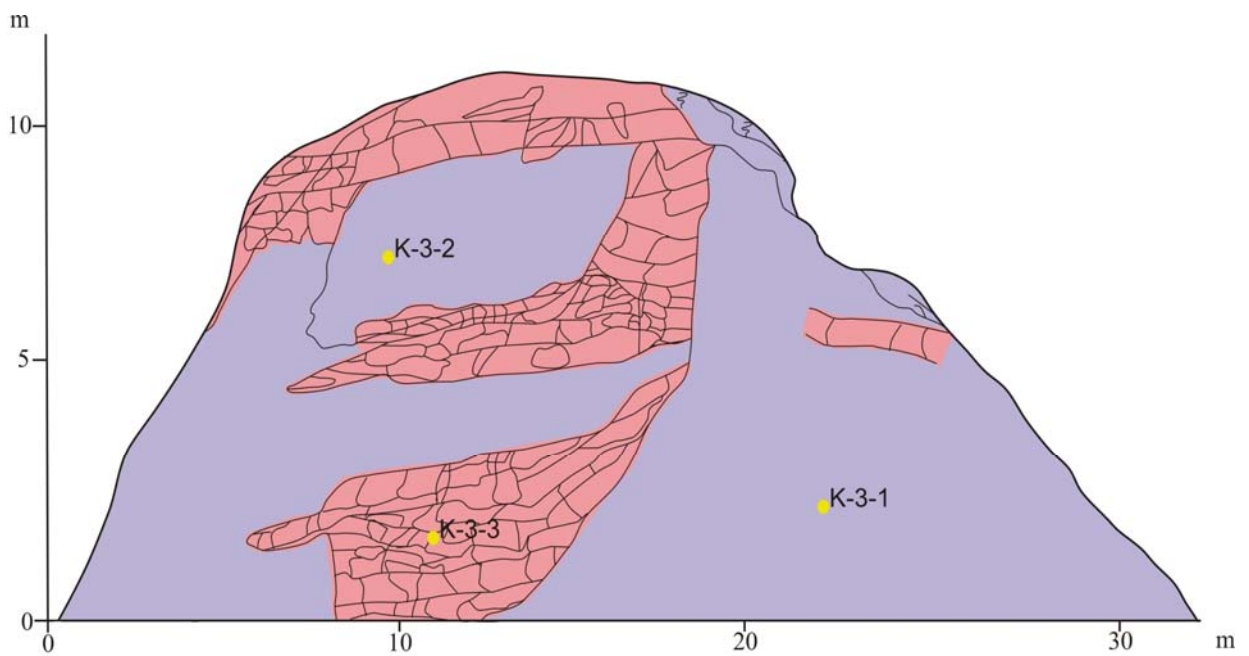
Karsta veidojuma K-1 ziemeļu daļas fragmentā ir labi izteikts kontakts starp dolomītiem un klastiskajiem iežiem, sienas vērsuma azimuts –  $284^{\circ}$ . Šajā karsta veidojuma daļā tas sasniedz 9,86 m augstumu un 14,50 m platumu. Kontakta vieta un forma liecina, ka klastiskais materiāls ir ieģruvis dolomīta slāņkopā. Jau pēc vizuālām pazīmēm var noteikt, ka karsta veidojums aizpildīts ar mālu, kas lielākoties ir violets, vietām zilganpelēks. Dolomīta šķembas ir gaiši brūngandzeltenas, vietām novērojama dzelzs savienojumu klātbūtne. Dolomīts vietām iekrāsots tumšā krāsā, kas varētu liecināt par mangāna savienojumu klātbūtni (Kaļva, 2007).



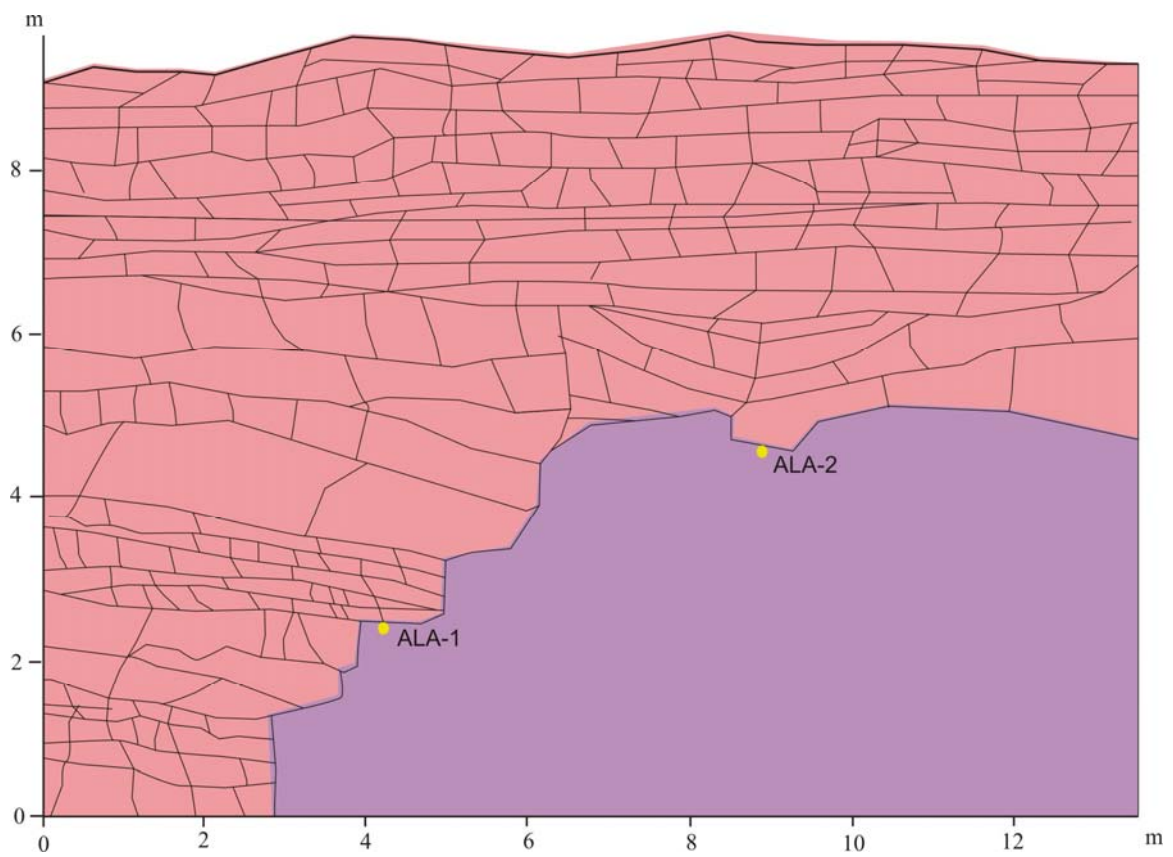
6.4. att. Karsta veidojuma K-1 ziemeļu daļas zīmējums (Kaļva, 2007). Apzīmējumus sk. 6.3. att.

- Karsta veidojums K-3:

Karsta veidojuma K-3 dienvidu daļā ir labi izteikts kontakts starp dolomītiem un klastiskajiem iežiem, sienas vērsums -  $325^{\circ}$ , karsta veidojuma augstums – 9,5 m, platums lejasdaļā – 30 m. Karsta veidojums sastāv no violeta, vietām pelēcīga māla, kurā ir iekļauti no gaiši dzeltenīga līdz pelēcīgi dzelteni dolomīta bloki. Dolomītos vietām izteikti dzelzs savienojumi (Kaļva, 2007). Arī karsta veidojuma K-3 rietumu daļā labi izteikts kontakts starp dolomītiem un klastiskajiem iežiem. Karsta veidojuma ZR daļā noņemtajos dolomīta paraugos tika konstatēti stalaktītiem līdzīgi veidojumi.



6.5. att. Karsta veidojuma K-3 zīmējums (Kaļva, 2007). Apzīmējumus sk. 6.3. att.



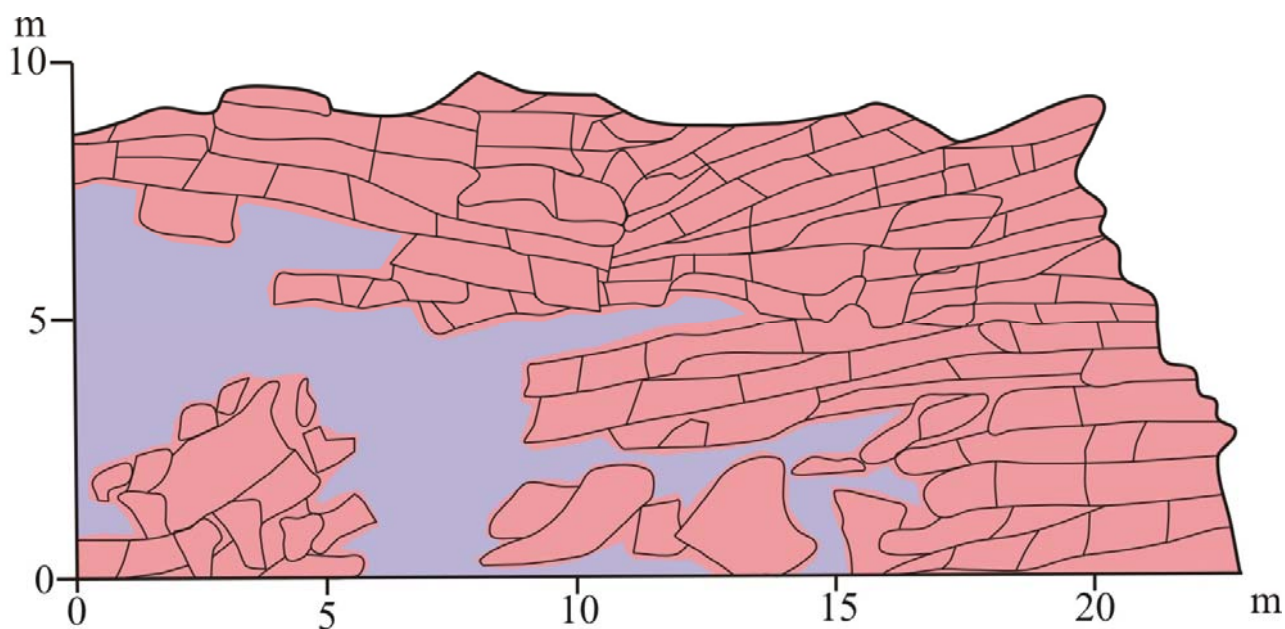
6.6. att. Karsta veidojuma K-3 ZR daļa „karsta alas” zīmējums. Apzīmējumus sk. 6.3. att.



6.7. att. Karsta veidojuma K-3 ziemeļrietumu daļa (karsta ala), Kranciema dolomīta atradne.

- Karsta veidojums K-9 atradnē:

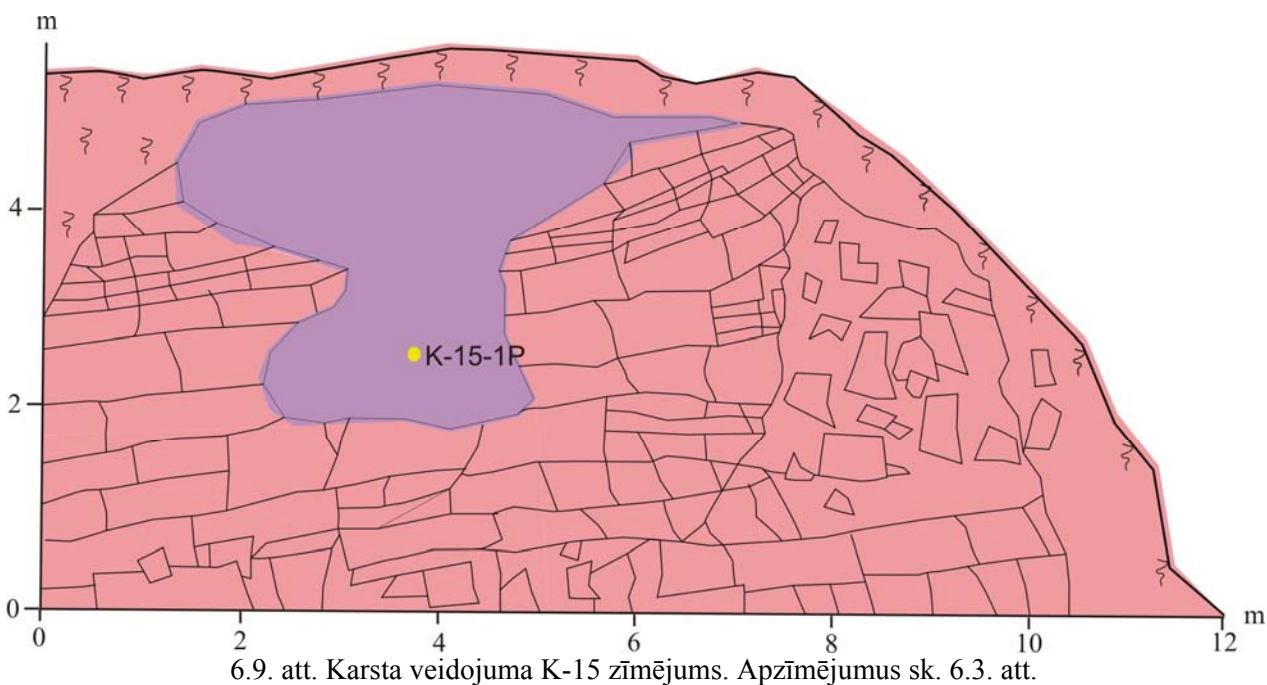
Karsta veidojuma K-9 rietumu daļā ir labi izteikts dolomītu slāņkopas kritums, kas radies, veidojoties karsta kritenei un tajā iegāžoties pārsedzošajiem klastiskajiem nogulumiem. Var novērot, ka šajā vietā dolomītu slāņi krīt pretējos virzienos. Sienas vērsums -  $340^{\circ}$ , augstums – 9 m, platums lejasdaļā – 22,8 m. Atseguma rietumu daļā esošais klastiskais materiāls ir pelēcīgi zilgans māls, bet austrumu daļā karsta veidojuma aizpildījumā ir daudz gaišu dzeltenīgi pelēku dolomītu (Kaļva, 2007).



6.8. att. Karsta veidojuma K-9 zīmējums (Kaļva, 2007). Apzīmējumus sk. 6.3. att.

- Karsta veidojums K-15:

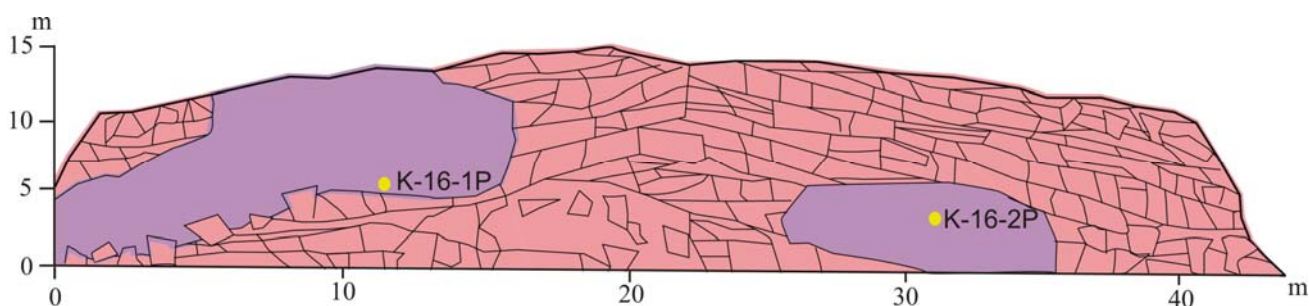
Karsta veidojuma K-15 rietumu daļā ir labi izteikts dolomītu slāņkopas kritums, kas radies, veidojoties karsta kritenei un tajā iegāžoties pārsedzošajiem klastiskajiem nogulumiem. Šī karsta veidojuma augstums ir 5 m un platums lejasdaļā – 12,0 m. Karsta veidojums sastāv no violeta, vietām pelēcīga māla, kurā ir iekļauti no gaiši dzeltenīga līdz pelēcīgi dzeltenīgi dolomīta bloki.



6.9. att. Karsta veidojuma K-15 zīmējums. Apzīmējumus sk. 6.3. att.

- Karsta veidojums K-16:

Karsta veidojumā K-16 ir labi izteikts dolomītu slāņkopas kritums, kas radies, veidojoties karsta kritenei un tajā iegāžoties pārsedzošajiem klastiskajiem nogulumiem. Veidojuma augstums ir 15 m, platums lejasdaļā – 43 m. Šajā karsta veidojumā var novērot divus klastiskā materiāla iecirkņus. Vietām dolomītu slāņi krīt pretējos virzienos. Dolomītos atsevišķos iecirkņos ir izteikti dzelzs savienojumi.



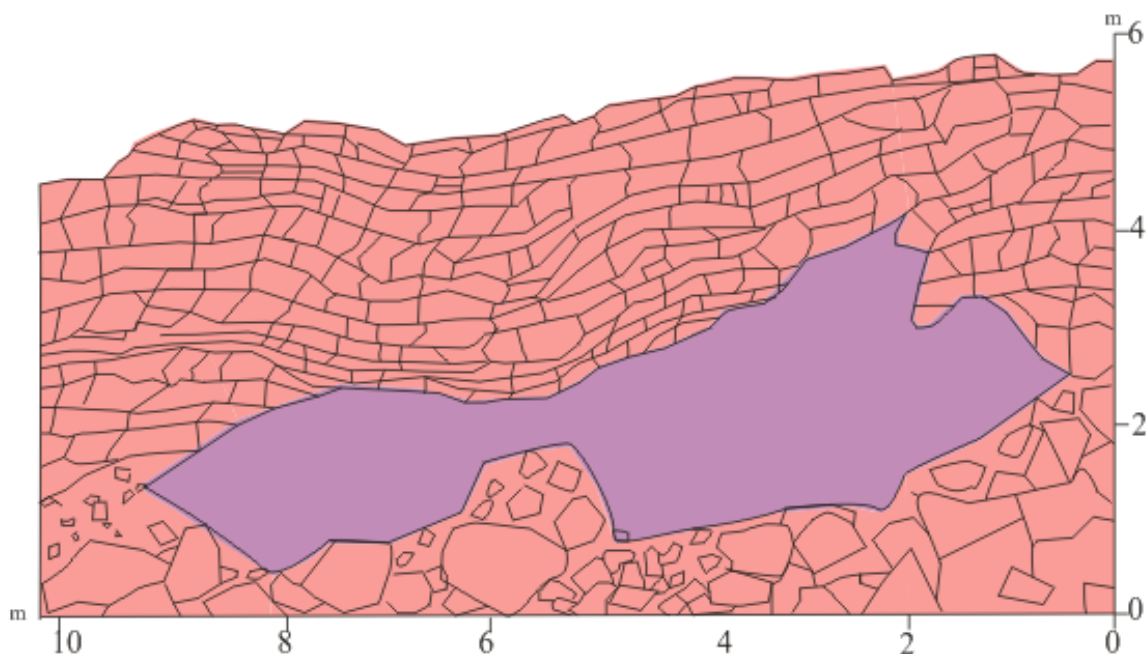
6.10. att. Karsta veidojuma K-16 zīmējums. Apzīmējumus sk. 6.3. att.

### **Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradne**

Līdz šim ģeoloģiskajā literatūrā netika aprakstīta karsta veidojumu ģeoloģiskā uzbūve un kontakti ar dolomītiem Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradnē. Maģistra darba ietvaros Aiviekstes dolomīta atradnē 2008. gada vasarā detalizēti tika zīmēti 1 karsta veidojums (6.11. att.).

- Karsta veidojums AIV-1:

Karsta veidojumā AIV-1 var labi novērot kontaktu starp dolomītiem un klastiskajiem iežiem. Kontaktu vieta un forma liecina, ka klastiskais materiāls ir iegruvis dolomīta slāņkopā. Karsta veidojuma augstums ir 6 m, platums lejasdaļā – 10 m. Karsta veidojums sastāv no violeta, vietām ķišsarkana māla, kurā ir iekļauti no gaiši dzeltenīga līdz pelēcīgi dzeltenīgi dolomīta bloki. Dolomītos vietām izteikti dzelzs savienojumi.



6.11. att. Karsta veidojuma AIV-1 zīmējums. Apzīmējumus sk. 6.3. att.

### **Gaitiņu dolomīta atradne**

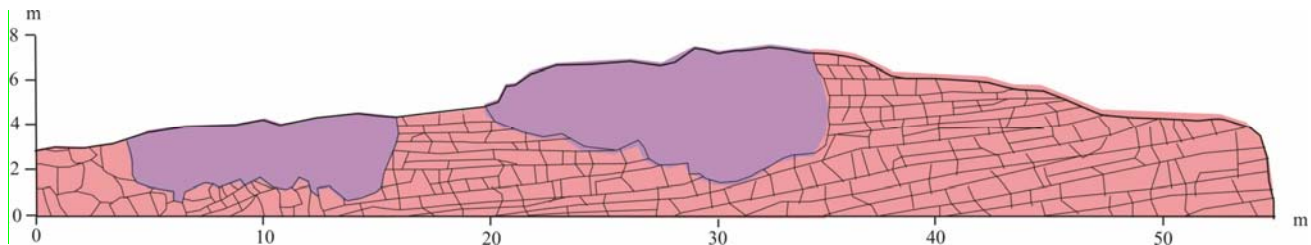
Gaitiņu atradnē dolomīta slāņkopā redzami vertikāli šahtveida iegruvumi ar krasām robežām, bet plānā tie ir ieapaļas formas, vietām sarežģīti laukumi, kas var sasniegt no 10–50 m diametru. Virs iegruvumiem ir izveidojušies padziļinājumi, kas aizpildīti ar kvartāra vecuma nogulumiem, tādējādi radot diskordantu sagulumu (Hodireva, 1997).

V. Apškalējs ģeoloģiskās izpētes pārskatā (Apškalējs, 2000) par Gaitiņu dolomīta atradni atzīmē, ka izstrādātajā karjerā ir palikuši vismaz divi (citi varbūt zem segkārtas atbērtņēm) neizstrādāti palikšņi ar platību līdz 1500 m<sup>2</sup>. Palikšņos nav dolomītu, to vietu aizņem Ogres svītas māli un mālaini karbonātiskie nogulumi.

2008. gada vasarā Gaitiņu dolomīta atradnē tika zīmēta 1 karsta veidojuma skice (6.12. att.).

- Karsta veidojums G-1:

Karsta veidojumā G-1 ir labi izteikts dolomītu slāņkopas kritums, kas radies, veidojoties karsta kritenei un tajā iegāzoties pārsedzošajiem klastiskajiem nogulumiem. Karsta veidojuma augstums – 8 m, platums lejasdaļā – 55 m. Šajā karsta veidojumā var novērot divus klastiskā materiāla iecirkņus. Karsta veidojums sastāv no violeto, vietām pelēcīga māla, kurā ir iekļauti no gaiši dzeltenīga līdz pelēcīgiem dzelteniem dolomīta blokiem. Dolomītos vietām izteikti dzelzs savienojumi.



6.12. att. Karsta veidojuma G-1 zīmējums. Apzīmējumus sk. 6.3. att.

### Turkalnes dolomīta atradne

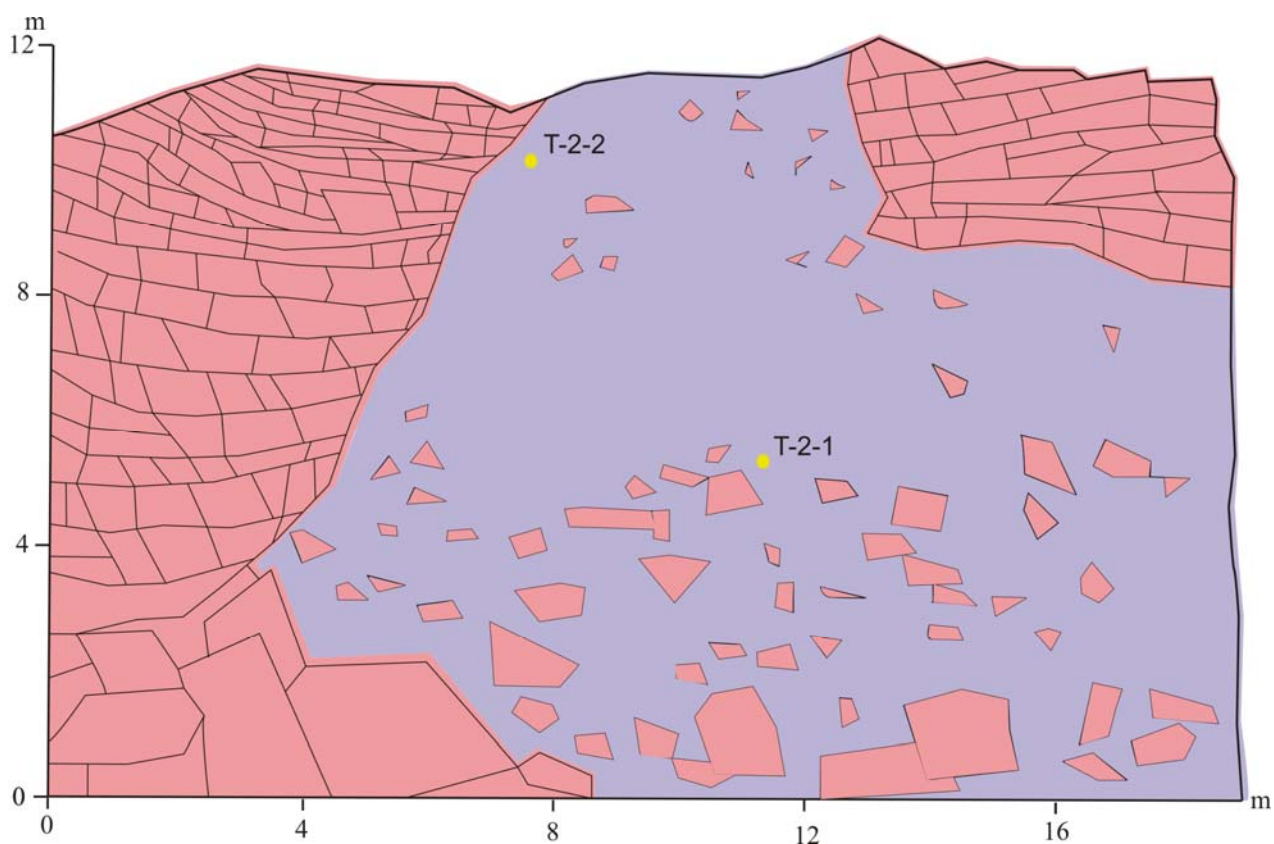
Daudzie senā karsta veidojumi ir būtisks faktors, kas apgrūtina dolomīta ieguvi Turkalnes atradnē. Tie tika konstatēti izpētes laikā, un tajos dolomīts ir šķembu veidā kopā ar māliem un dolomītmiltiem, vai arī izšķīdis un izskalots, bet iegruvumi aizpildīti ar māliem vai vietām aizņem vairākus simtus kvadrātcentimetru lielu platību un, izstrādājot karjeru, tos nākas atstāt vai pārvietot. Dažas karsta kritenes sniedzas cauri visai karbonātiežu slāņkopai, ieskaitot Salaspils un Pļaviņu svītu, kas atradnes teritorijā aptuveni sasniedz 50 m biezumu (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

S. Ozola ģeoloģiskajā atskaitē (Озола, 1982) atzīmē, ka karsta veidojumu izmēri ir ļoti mainīgi – no dažiem desmitiem metru līdz 500 m garumā un no 20-300 m platumā. Karsts attīstīts visā griezumā dziļumā un skar Daugavas, Salaspils un daļēji arī Pļaviņu svītu. Karsta dobumi aizpildīti ar dažāda sastāva materiālu. Urbumos konstatēts smilšains materiāls, kam raksturīga izteikta krāsainība, neslāņots māls un smilšu lēcas – baltas un pelēkas ar jauktu tekstūru. Dažos urbumos smiltis un māls vietām ir sacementēts un satur dolomīta šķembas. Urbumos konstatēti nogulumu, kurus skāruši karsta procesi - daļēji pārveidoti, izšķīduši dolomīti, kuru dobumi aizpildīti ar mālu. Trīs urbumi izvietoti tuvu karsta dobumiem, un tajos ir fiksēts, ka karsta procesi skāruši tikai apakšējo griezumā daļu.

2008. gada vasarā Turkalnes dolomīta atradnē tika zīmēta 1 karsta veidojuma skice (6.13. att.).

- Karsta veidojums T-2:

Karsta veidojumā T-2 ir labi izteikts dolomītu slāņkopas kritums, kas radies, veidojoties karsta kritenei un tajā iegāzoties pārsedzošajiem klastiskajiem nogulumiem. Karsta veidojuma augstums – 12,0 m, platums lejasdaļā – 18,5 m. Karsta veidojuma aizpildījums sastāv no violeta, vietām pelēcīga māla, kurā ir iekļauti no gaiši dzeltenīga līdz pelēcīgi dzeltenīgi dolomīta bloki. Dolomītos vietām izteikti dzelzs savienojumi.



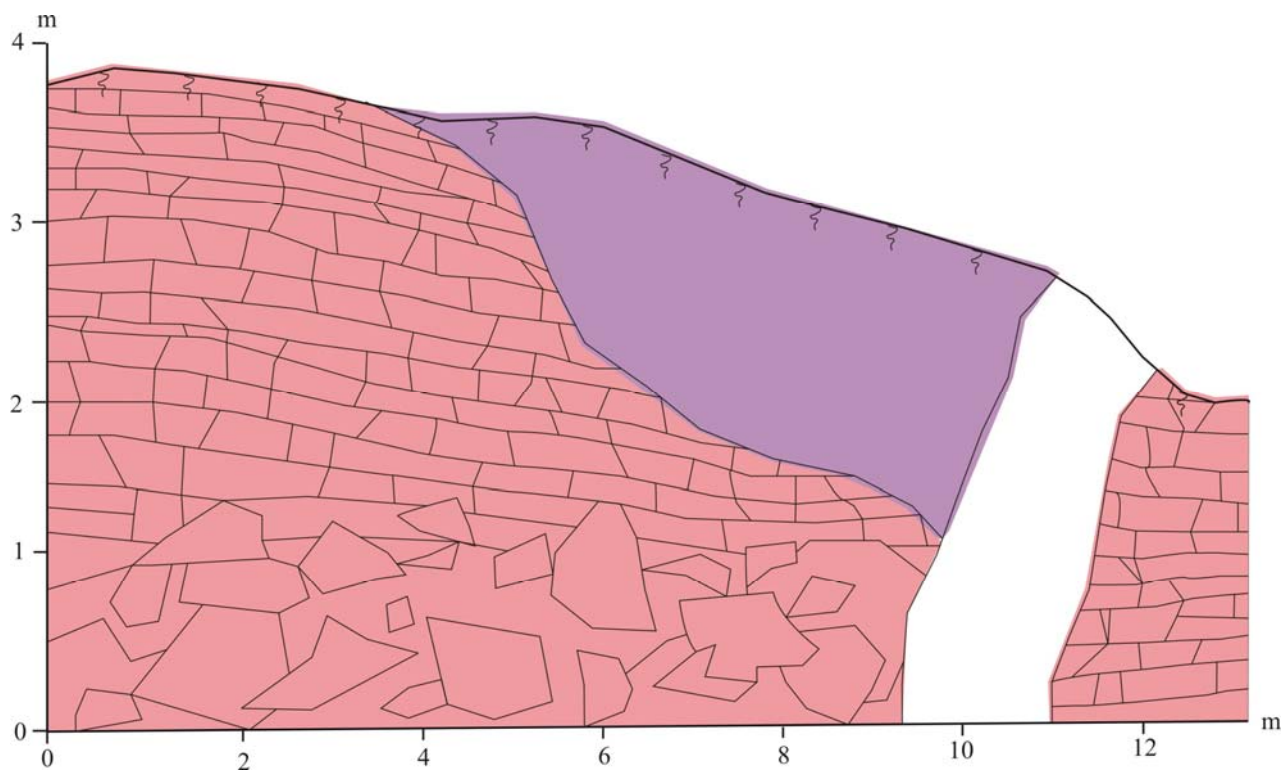
6.13. att. Karsta veidojuma T-2 zīmējums. Apzīmējumus sk. 6.3. att.

### Remīnes dolomīta atradnē

Līdz šim ģeoloģiskajā literatūrā netika aprakstīta karsta veidojumu ģeoloģiskā uzbūve un kontakti ar dolomītiem Remīnes dolomīta atradnē. Remīnes dolomīta atradnē lauka darbu ietvaros 2008. gada vasarā tika zīmēts 1 karsta veidojums (6.14. att.).

- Karsta veidojums R-3:

Karsta veidojuma R-3 var labi novērot kontaktu starp dolomītiem un klastiskajiem iežiem. Kontakta vieta un forma liecina, ka klastiskais materiāls ir iegruvis dolomīta slāņkopā. Karsta veidojuma augstums ir 4 m, platums lejasdaļā – 12,5 m. Karsta veidojuma aizpildījums sastāv no violeta, vietām ķiissarkana māla, kurā ir iekļauti no gaiši dzeltenīga līdz pelēcīgi dzelteniem dolomīta blokiem. Atradnes izstrādes gaitā paleokarsta veidojuma austrumu daļā izveidots ceļš.

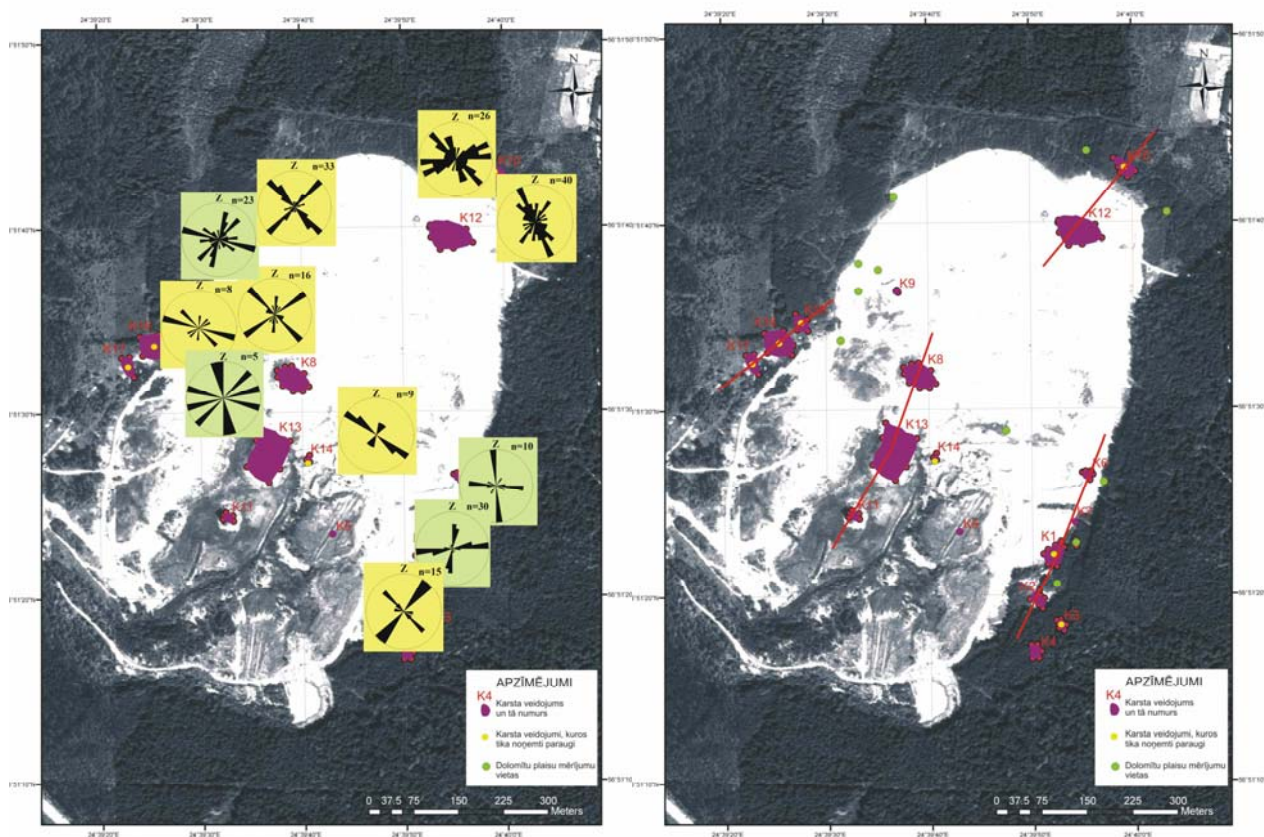


6.14. att. Senā karsta veidojuma R-3 zīmējums. Baltais – karjera transporta kustības ceļš. Citus apzīmējumus sk. 6.3. att.

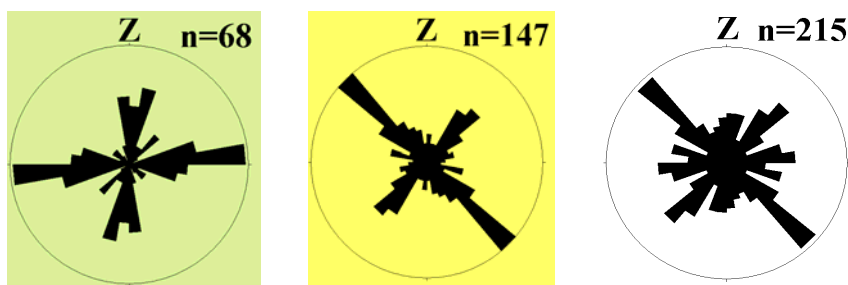
## 7. PLAISU VĒRSUMA AZIMUTI DAUGAVAS SVĪTAS DOLOMĪTOS

### Kranciema dolomīta atradne

Bakalaura darba izstrādes gaitā Kranciema atradnē ir veikti 215 dolomītu plaisu mērījumi (Kaļva, 2007). Mērījumu vietas maģistra darba gaitā ar *ArcMAP* datorprogrammu atainotas 2007. gada ortofotouzņēmumos, un tika izveidota shematiska karte (7.1. att.). Plaisu vērsuma azimutus kartē parāda rozēs diagrammas. Ar zaļu fonu atzīmētas rozēs diagrammas tām plaisām, kas tika mērītas Kranciema atradnes dolomīta slāņkopas virsmā, attiecīgi ar dzeltenu - atradnes pamatnē. Vispārējam priekšstatam par plaisu azimuta virzieniem Kranciema atradnē tika izveidotas rozēs diagrammas, kas attēlo kopainu gan par plaisu sistēmām dolomīta slāņkopas virsmā, gan pamatnē, gan arī kopā (7.2. att.) (pēc: Kaļva, 2007). Plaisu azimutu virzieniem ir vērojama zināma līdzība ar karsta veidojumu izplatību Kranciema dolomīta atradnē, ko 7.1. attēlā uzskatāmi parāda sarkanās līnijas.



7.1. att. Dolomītu plaisu mērījumu dati izvietojums Kranciema dolomīta atradnē pēc GPS datiem 2007. g. maijā (kartes pamatne: ArcMAP programma un 2007. g. ortofotouzņēmumi; ĢZZF ĢIS laboratorija). Plaisu iecirkņu izvietojuma salīdzināšanai pievienota karsta veidojumu (ar violeto krāsu) karte. Sarkanās līnijas apakšējā attēlā norāda paleokarsta veidojumu izvietojuma tendences.



7.2. att. Dolomītu plaisu vērsuma azimuti Daugavas svītas dolomītos Kranciema atradnē (pēc Kaļva, 2007).

Var konstatēt trīs dažādas plaisu vērsumu azimutu sistēmas. Atsegtās dolomītu slāņkopas pamatnē dominē divu virzienu plaisu sistēmas –  $40^{\circ}$ - $220^{\circ}$  un  $135^{\circ}$  un  $315^{\circ}$ . Arī dolomīta slāņkopas virsmā dominējoši ir divi, bet no iepriekšējiem ievērojami atšķirīgi virzieni –  $10^{\circ}$ - $190^{\circ}$  un  $85^{\circ}$ - $265^{\circ}$ . Kopumā atradnē dominē dolomītu slāņkopas pamatnei raksturīgais plaisu virziens. Tas izskaidrojams ar to, ka atradnes pamatnē tika veikts divas reizes vairāk mērījumu, nekā dolomīta slāņkopas virsmā. Plaisu vērsuma azimutiem atradnes pamatnē ir redzama zināma saistība ar karsta veidojumu orientāciju. Karjera ziemeļrietumu daļā viens no dominējošajiem plaisu azimutu virzieniem ( $40$ - $220^{\circ}$ ) atradnes pamatnē praktiski sakrīt ar karsta veidojumu orientāciju (sk. 7.1. un 7.2. att.), zināma atšķirība – par aptuveni  $20^{\circ}$ , ir ar karsta veidojumiem karjera dienvidaustrumu malā.

Savukārt, salīdzinot dolomītu plaisu vērsuma azimutus dolomītu slāņkopas virsmā ar karsta veidojumu orientāciju, ir vērojama būtiskāka atšķirība – līdz pat  $45^{\circ}$ . Tādējādi, jāsecina, ka karsta veidojumi ir radušies gar plaisām, kas orientētas aptuveni  $40$ - $220^{\circ}$  virzienā. Visticamāk šo plaisu veidošanos ir ietekmējuši tektoniskie procesi. Savukārt, plaisu sistēma, kas raksturīga dolomītu slāņkopas augšdaļai, iespējams, lielākā mērā ir saistīta ar ledāja darbību. No tā izriet, ka karsta procesi ir notikuši pirms pleistocēna apledojuma un apstiprina to, ka Kranciema atradnē konstatētie veidojumi ir paleokarsta veidojumi (Kaļva, 2007). Maģistra darba izstrādes gaitā pētīto jaunatklāto senā karsta veidojumu K-15, K-16 un K-17 orientācija DR-ZA virzienā apstiprina šos datus.

### **Turkalnes dolomīta atradne**

Kā jau minēts, karsta veidojumu izmēri Turkalnes dolomīta atradnē ir ļoti mainīgi – no dažiem desmitiem metru līdz 500 m garumā un no 20-300 m platumā. S. Ozola ģeoloģiskajā

atskaitē (Озола, 1982) atzīmē, ka Turkalnes dolomīta atradnē tektoniski vājināto zonu rajonos novērota karsta procesu attīstība dolomītos. Visā Turkalnes dolomīta atradnes teritorijā novēroti dažādas pakāpes karstēti ieži. Pēc ģeofizikālajiem datiem, karstu veidojumi galvenokārt orientēti Z-ZR virzienos. Veicot lauka darbus maģistra darba ietvaros, secināts, ka karsta veidojumu orientācija Turkalnes atradnē lielākoties nesakrīt ar tektoniski vājināto zonu virzienu, kas atzīmēts augstāk minētajā atskaitē. Šīs atšķirības skaidrojamas ar to, ka maģistra darbā netika pielietotas ģeofizikālās metodes, tādējādi orientācija tika noteikta tikai atsevišķiem karsta palikšņiem, kas jau bija atsegti karjera izstrādes laikā.

## 8. PALEOKARSTA VEIDOJUMU AIZPILDĪJUMA SASTĀVS

Pēc karsta veidojumu aizpildījuma klastiskā materiāla paraugu šķīdināšanas ar 7 % HCl secināts, ka karsta aizpildījumos vidējais CaCO<sub>3</sub> saturs ir 31,05 %. Atdalot smilšaino materiālu no mālainajām daļiņām (skalojot paraugus caur sietu ar acu izmēru 0,05 mm), tika noskaidrots māla saturs, kā arī citi parauga sastāva rādītāji (8.1. tab.). Tātad karsta veidojumu aizpildījuma sastāvā vairumā gadījumu dominē mālainais materiāls, kas, domājams atbilst Katlešu svītas vecumam.

8.1. tabula

### Karbonātiskā, smilšainā un mālainā materiāla proporcijas karsta veidojumu aizpildījumos

Nr. p. k	Dolomīta atradnes nosaukums	Parauga Nr.	Karbonātu saturs, %	Frakcijas <0,05 mm saturs, %	Frakcijas >0,05 mm saturs, %
1.	Kranciema dolomīta atradne	K-1-A4*	54,80	20,50	24,70
2.		K-3-1*	31,40	65,30	3,30
3.		K-3-A*	45,70	48,70	5,60
4.		K-10-P*	6,60	40,60	52,80
5.		K-14-P*	17,70	56,70	25,60
6.		K-15-1P	18,70	52,10	29,20
7.		K-16-1P	14,30	51,90	33,80
8.		K-16-2P	24,80	52,60	22,60
9.		K-17-1P	14,90	72,90	12,20
10.		ALA-1(no K-3)	22,70	73,40	3,90
11.		ALA-2 (no K-3)	71,80	17,30	10,90
12.	Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradne	AIV-6-1P	18,90	59,00	22,10
13.		AIV-7-1P	9,80	50,70	39,5
14.		AIV-8-1P	17,90	58,06	24,04
15.		AIV-13-1P	28,70	52,40	18,90
16.	AIV-14-1P	22,00	28,70	49,30	
17.	Gaitiņu dolomīta atradne	G-3-1	28,70	58,80	12,50
18.		G-5-1	56,70	39,30	4,00
19.	Turkalnes dolomīta atradne	T-2-1;	23,50	20,50	56,00
20.		T-2-2	43,40	51,80	4,80
21.		T-4-1	39,30	60,30	0,40
22.	Remīnes dolomīta atradne	R-1-P;	22,60	65,60	11,80
23.		R-1-1;	51,90	43,30	4,80
24.		R-1-2	81,90	16,60	1,50
25.		R-2-P1;	28,40	65,10	6,50
26.		R-2-P2	10,55	12,20	77,25
27.	Salenieku dolomīta atradne	RI-1	30,80	62,10	7,10

\* - bakalaura darbā (Kaļva, 2007) pētītie paraugi.

## Kranciema dolomīta atradne

S. Kondratjeva un V. Hodireva (2000) atzīmē, ka ķīmiskās analīzes dati Kranciema atradnes dolomītos liecina, ka to vidējais  $\text{CaCO}_3$  saturs ir 50,7 %,  $\text{MgCO}_3$  – 40,9 %, bet silīcija, dzelzs un alumīnija oksīda kopējais saturs – 5,9 %.

Bakalaura darbā (Kaļva, 2007) veiktie pētījumi parādīja, ka lielākā daļa pētīto karsta veidojumu aizpildījumu paraugu no Kranciema atradnes raksturo drupu materiālu ar zema šķirofības pakāpi. Tā, K-10-P paraugā daļiņu izmēri mainās no ļoti rupjas smilts līdz mālam. Paraugā smilts daļiņas ir nedaudz vairāk nekā mālainās un aleirītiskās daļiņas. Savukārt, K-3-A paraugā drupu materiāla daļiņu izmēri mainās no ļoti rupjas smilts līdz mālam. Paraugā dominē mālainās un aleirītiskās frakcijas, to saturs paraugā ir 6,7 reizes vairāk nekā smilšainais materiāls. Tikai nedaudz parauga sastāvā ir rupja smiltis. Ļoti mainīgs ir arī karbonātiskums, tātad domājams, ka karsta veidojumi ir aizpildīti ar kopā sajauktu dažāda sastāva materiālu, kas, iespējams, pat pārstāv dažādas devona litostratigrāfiskās vienības – pārsvarā smilšaino Ogres svītu un pārsvarā mālaino Katlešu svītu. Pētījumi Kranciema atradnē ir turpināti maģistra darba ietvaros, un to rezultāti ir atspoguļoti tālāk šajā nodaļā.

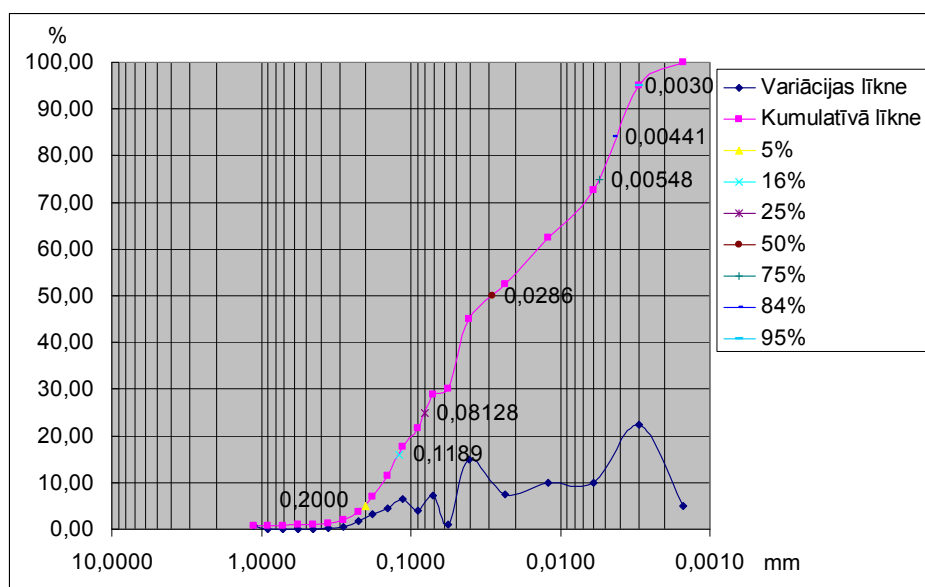
- Paraugšs ALA-2 (no veidojuma K-3)

Paraugā drupu materiāla daļiņu izmēri mainās no ļoti rupjas smilts līdz pat mālam (1. pielikums 1.1. att.). Paraugā smilts daļiņu ( $>0,05$  mm) saturs ir nedaudz mazāks par mālaino un aleirītisko daļiņu saturu. Ievērojama daļu no šī karsta veidojuma aizpildījuma ir smalka smiltis. Jāatzīmē ļoti augstais karbonātu (dolomīta) saturs, kas ievērojami pārsniedz 50 %. Tādēļ karsta veidojuma aizpildījuma vidējo sastāvu var raksturot kā smilšainu un aleirītisku dolomītmerģeli. Drupu materiāla šķirofības koeficients ir 1,304; smailums 0,991 mm; asimetrija -0,033. Šie dati liecina, ka drupu materiāls ir slikti šķīrots, variācijas līkne ir simetriska, bet ar plakanu virsotni. Tas viss acīmredzot norāda uz dažāda sastāva slāņu sajaukšanos karsta norises laikā. Augšminētais raksturo karsta veidojumu K-3.

- Paraugšs K-16-2P

Paraugā daļiņu izmēri mainās no ļoti rupjas smilts līdz pat māla izmēra daļiņām. Dominē smalkas smiltis un aleirīta frakcija, bet karbonātiskums ir samērā neliels. Drupu materiāla šķirofības koeficients – 2,105; smailums 0,638; asimetrija 0,104. Tādējādi šis ir ļoti slikti šķīrots materiāls, un granulometriskajai variācijas līknei ir pozitīva noliece. Arī šajā gadījumā karsta veidojumu aizpildošais materiāls, domājams, ir veidojies dažādu nogulumu slāņu sajaukšanās

rezultātā, veidojoties objektam K-16. Granulometriskās līknes un koeficienti karsta veidojumu aizpildījuma klastiskajiem nogulumiem, paraugs K-16-2P, ir atainoti 1.2. tab. un 9.1. att..



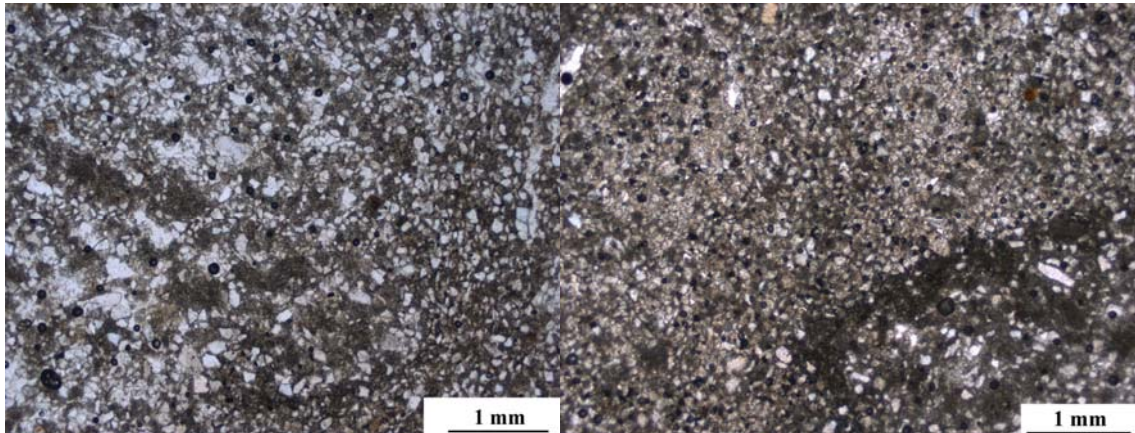
9.1. att. Granulometriskās līknes karsta veidojumu aizpildījumam no Kranciema dolomīta atradnes; paraugs K-16-2P

Bakalaura darba ietvaros, pēc plānslīpējumu pētījumiem mikroskopā tika noteikts salīdzinoši mehāniski izturīgāko karsta veidojumu komponentu sastāvs, kā arī raksturotas iespējamās dolomītu izmaiņas karsta veidojumu malas daļā. Jāatzīmē, ka visi paraugi plānslīpējumu izgatavošanai ir noņemti no karsta veidojuma K-1 Kranciema dolomīta atradnē (8.2. att.).



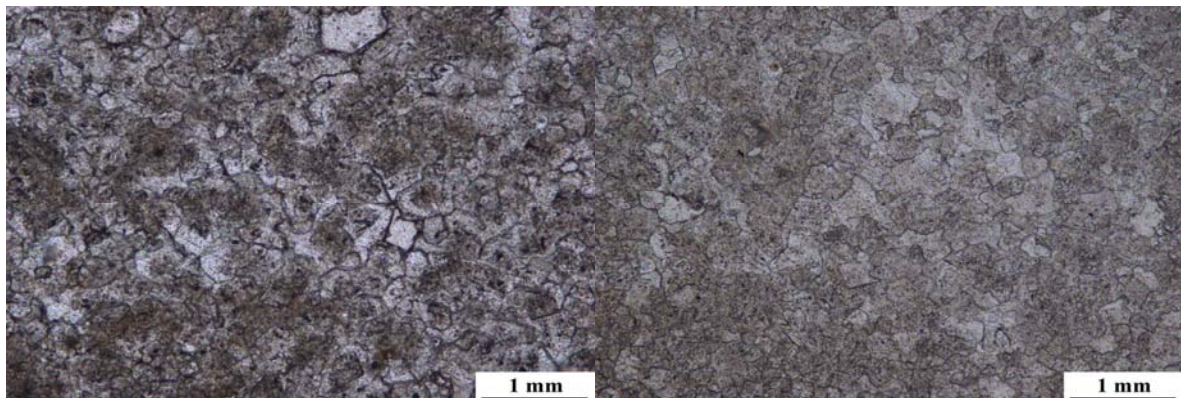
8.2. att. Karsta veidojums K-1 Kranciema atradnē, no kura tika noņemti paraugi plānslīpējumu izgatavošanai.

Paraugos K-1-A1 un K-1-A2 ir konstatēti dolomītsmilšakmeņi ar vāji izteiktu slāņojumu un samērā haotisku drupu graudu sadalījumu. Parauga K-1-A1 plānslīpējumā (8.3. att.) ir redzamas arī drupu materiāla riņķveida orientācijas pazīmes, ko, iespējams, izraisījusi organismu ietekme – bioturbācija. Šie ieži ļoti atgādina Ogres svītai raksturīgos dolomītsmilšakmeņus (Kaimiņš, 2003; Kaļva, 2007).



8.3. att. Parauga K-1-A1 plānslīpējuma mikrofotogrāfijas. Nikoli paralēli. Attēls pa kreisi – dolomītsmilšakmens, kurā redzama drupu graudu neregulāra, riņķveida orientācija (labajā malā). Tās, domājams, ir organismu ejas (bioturbācija). Attēls pa labi – redzams kontakts starp dolomītsmilšakmeni (attēla kreisajā augšējā malā) un dolomītu ar drupu graudu piejaukumu (labajā apakšējā malā) (Kaļva, 2007).

Bakalaura darbā (Kaļva, 2007) veiktie pētījumi liecina, ka parauga K-1-A3 plānslīpējumā (8.4. att.) ir pārstāvēts vidējkristālisks dolomīts. Dominē ksenomorfi un hipidiomorfi kristāli, reti redzami idiomorfi, t. sk. zonāli kristāli. Ieža porainība neliela: 1 %. Šis acīmredzot ir tipisks Daugavas svītas dolomīts. Dēdēšanas procesu ietekme uz šo iezi, lai gan paraugs ir noņemts tieši karsta veidojuma malā, nav novērojama (Kaļva, 2007).



8.4. att. Parauga K-1-A3 plānslīpējuma mikrofotogrāfijas. Nikoli paralēli. Attēls pa kreisi - Redzams, ka Daugavas svītas dolomīts tiešā karsta veidojumu tuvumā nav dēdējis, neskatoties uz karsta procesiem. Attēls pa labi - Parauga K-1-A3 plānslīpējuma mikrofotogrāfija. Dažādkristālisks Daugavas svītas dolomīts bez dēdēšanas pazīmēm (Kaļva, 2007).

Pārējās Daugavas svītas dolomīta atradnēs paleokarsta veidojumu aizpildījuma sastāvs ir pētīts tikai maģistra darba ietvaros un atspoguļots tālāk.

#### **Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradne**

- **Paraugšs AIV-6-1P**

Paraugā daļiņu izmēri mainās no ļoti rupjas smilts līdz pat māla izmēra daļiņām (1. pielikums 1.2. att.). Dominē smalkas smilts un aleirīta frakcija, bet karbonātiskums ir samērā neliels. Drupu materiāla šķirotības koeficients 1,569; smailums 0,899; asimetrija -0,456. Tādējādi šis ir slikti šķirotis materiāls un granulometriskajai variācijas līknei ir ļoti negatīva noliece. Arī šajā gadījumā karsta veidojumu aizpildošais materiāls, domājams, ir veidojies dažādu nogulumu slāņu sajaukšanās rezultātā.

- **Paraugšs AIV-8-1P**

Paraugā daļiņu izmēri mainās no ļoti rupjas smilts līdz pat māla izmēra daļiņām (1. pielikums 1.3. att.). Dominē smalkas smilts un aleirīta frakcija, bet karbonātiskums ir samērā neliels. Drupu materiāla šķirotības koeficients ir 1,651; smailums 1,974; asimetrija -0,415. Tādējādi šis ir slikti šķirotis materiāls un granulometriskajai variācijas līknei ir ļoti negatīva noliece. Arī šajā gadījumā karsta veidojumu aizpildošais materiāls, domājams, ir veidojies dažādu nogulumu slāņu sajaukšanās rezultātā.

- **Paraugšs AIV-14-1P**

Paraugā daļiņu izmēri mainās no ļoti rupjas smilts līdz māla daļiņām. Paraugā smilts daļiņu ir vairāk nekā mālaino un aleirītisko daļiņu. Materiāla karbonātiskums ir 22,0 %. Liela loma šī materiāla sastāvā ir smalkai smiltij. Drupu materiāla šķirotības koeficients ir 1,192; smailums 1,235; asimetrija 0,403. Tādējādi šis ir slikti šķirotis materiāls un granulometriskajai variācijas līknei ir ļoti pozitīva noliece. Apskatot granulometriskās līknes (1. pielikums 1.4. att.) var redzēt, ka dominē divas frakcijas – smilšainā un mālainā. Tas acīmredzot norāda uz ievērojamu materiāla sajaukšanos karsta norises laikā.

### **Gaitiņu dolomīta atradne**

- Paraugs G-5-1

Drupu materiāla daļiņu izmēri mainās no ļoti rupjas smilts līdz mālam (1. pielikums 1.5. att.). Paraugā dominē mālainās un aleirītiskās frakcijas, to saturs paraugā ir 9,8 reizes vairāk nekā smilšainais materiāls. Tikai nedaudz parauga sastāvā ir rupja smiltis. Augsts ir karbonātu saturs (>56 %). Drupu materiāla šķirotības koeficients 0,587; smailums 0,025 mm; asimetrija 0,988. Tādējādi šis ir vidēji labi šķirots materiāls un granulometriskajai variācijas līknei ir ļoti pozitīva noliece. Parauga sastāvu varētu raksturot kā dolomītaleirolītu. Iegūtie dati norāda uz dažādu slāņu materiālu sajaukšanos, attīstoties karsta procesiem.

### **Turkalnes dolomīta atradne**

- Paraugs T-2-2

Drupu materiāla daļiņu izmēri mainās no ļoti rupjas smilts līdz mālam (1. pielikums 1.6. att.). Paraugā dominē mālainās un aleirītiskās frakcijas, to saturs paraugā ir 10,8 reizes vairāk nekā smilšainā materiāla saturs. Tikai nedaudz parauga sastāvā ir rupja smiltis. Augsts ir karbonātu saturs (>43 %). Drupu materiāla šķirotības koeficients ir 0,732; smailums 1,456 mm; asimetrija -0,060. Tādējādi šis ir viduvēji šķirots materiāls un granulometriskā variācijas līkne ir simetriska. Arī šie iegūtie dati norāda uz dažādu slāņu materiālu sajaukšanos, attīstoties karsta procesiem veidojumā T-2.

### **Remīnes dolomīta atradne**

- Paraugs R-1-1

Drupu materiāla daļiņu izmēri mainās no ļoti rupjas smilts līdz mālam (1. pielikums 1.7. att.). Paraugā dominē mālainās un aleirītiskās frakcijas, to saturs paraugā ir 9 reizes lielāks nekā smilšainā materiāla saturs. Augsts ir karbonātu saturs (>51,90 %). Drupu materiāla šķirotības koeficients ir 0,921; smailums 0,808 mm; asimetrija 0,483. Tādējādi šis ir viduvēji šķirots materiāls un granulometriskajai variācijas līknei ir ļoti pozitīva noliece. Parauga sastāvu varētu raksturot kā dolomītaleirolītu. Iegūtie dati norāda uz dažādu slāņu materiālu sajaukšanos, attīstoties karsta procesiem veidojumā R-1.

## Saikavas (Rītupju) dolomīta atradne

2008. gada vasarā veicot lauka pētījumus, Salenieku dolomīta atradnē netika konstatēti paleokarsta veidojumi. Bet atradnes teritorijā tika novērota violetu un zilu mālu klātbūtne (acīmredzami pārvietots materiāls), kas raksturīga karsta veidojumu aizpildījumam, tātad visticamāk, ka senie karsta veidojumi kā dolomīta atradnes nederīgais materiāls, ir izrakti ārā. Tika noņemts 1 klastiskā materiāla paraugs.

- Paraugš RI-1

Drupu materiāla daļiņu izmēri mainās no vidēji graudainas grants līdz mālam (1. pielikums 1.8. att.). Paraugā dominē mālainās un aleirītiskās frakcijas, to saturs paraugā ir 8,7 reizes lielāks nekā smilšainā materiāla daudzums, karbonātu saturs >30,80 %. Drupu materiāla šķirofības koeficients ir 1,555; smailums 2,363 mm; asimetrija -0,342. Tādējādi šis ir slikti šķīrots materiāls un granulometriskā variācijas līknei ir ļoti negatīva noliece. Iegūtie dati, līdzīgi citiem apskatītajiem gadījumiem, norāda uz dažādu slāņu materiālu sajaukšanos, attīstoties karsta procesiem.

Kopumā ir jāatzīmē, ka lielāko daļu pētīto senā karsta veidojumu aizpildījumu visās pētītajās dolomītu atradnēs veido drupu materiāls ar zemu un ļoti zemu šķirofības pakāpi. Ļoti mainīgs ir arī karbonātiskums, tātad domājams, ka karsta veidojumi ir aizpildīti ar kopā sajauktu dažāda sastāva materiālu, kas, visticamāk, pat pārstāv dažādas devona litostratigrāfiskās vienības – pārsvarā smilšaino Ogres svītu un mālaino Katlešu svītu. To pašu apliecināja arī bakalaura darbā veiktie pētījumi Kranciema dolomīta atradnē (Kaļva, 2007).

## 9. MIKROFOSĪLIJAS PALEOKARSTA VEIDOJUMU AIZPILDĪJUMOS

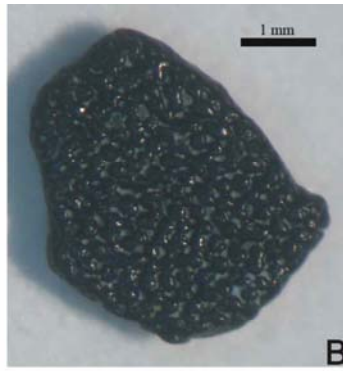
Publicētās un fondu literatūras analīze liecina, ka līdz šim nav tikuši iegūti dati par mikrofosīlijām Daugavas svītas dolomīta atradnēs konstatētajos senā karsta veidojumos. Mugurkaulnieku mikrofosīliju pētījumi no Kranciema dolomīta atradnes karsta veidojumu aizpildījumiem tika veikti bakalaura darba (Kaļva, 2007) ietvaros. Maģistra darbā turpināti mugurkaulnieku mikrofosīliju pētījumi no karsta veidojumu aizpildījumiem Kranciema atradnē, kā arī veikti šādi pētījumi Gaitiņu, Turkalnes, Remīnes un Aiviekstes kreisā krasta atradnēs. Maģistra darbā ir veikti jauni sporu un putekšņu pētījumi no karsta veidojumu aizpildījumiem vairākās atradnēs (sk. tālāk).

### 9.1. Mugurkaulnieku mikrofosīlijas

Kopā bakalaura darbā (Kaļva, 2007) un šajā maģistra darbā atlasītas un sagrupētas 374 mugurkaulnieku fosīlijas no visām pētītajām Daugavas svītas dolomīta atradnēm. Daugavas svītas dolomīta atradnēs karsta veidojumu aizpildījumos konstatētās organismu atliekas pieder dažādām fosīlo mugurkaulnieku grupām (9.1. tab. un 9.1. att.). Kā redzams šajā tabulā, lielākā daļa noteikto mugurkaulnieku pēc iepriekšējo pētījumu datiem (Лярская, Лукшевич, 1992) ir konstatēti samērā plašā devona griezuma intervālā. Bezžokļeņu *Psammosteus falcatus*, akantožu *Devononchus* sp. un daivspurzivju *Holoptychius* sp. fosīlo mugurkaulnieku atliekas, it sevišķi pirmās no tām, tomēr precīzāk norāda uz karsta aizpildījumu materiāla vecumu, kas atbilst Kaltešu un Ogres svītām. Par to liecina 43 gadījumi, tādēļ iegūto datu ticamība ir samērā augsta. Interesantas fosīlijas ir no karsta veidojumu aizpildījumiem Kranciema dolomīta atradnē – akantodes (žokļa fragments) *Persacanthus* sp. (2 gab.), kas Galvenajā devona laukā līdz šim atrastas tikai Pļaviņu-Daugavas svītās (Лярская, Лукшевич, 1992).

## Daugavas svītas dolomīta atradnēs karsta veidojumu aizpildījumos konstatētās mikrofosilijas

Parauga Nr. Taksons	Kračiema dolomīta atradne														Gaitiņu dolomīta atradne	Tūrkalnes dolomīta atradne	Remīnes dolomīta atradne				Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradne					Izplatība pa svītām (Лярская, Лукшевич, 1992)		
	K-10-P	K-3-A	K-3-3	K-14-P	K-1-A4	K-1-P	K-2-P	K-15-1P	K-16-1P	K-16-2P	ALA-1	ALA-2	G-3-1	G-5-1	T-2-1	T-2-2	T-4-1	R-1-1	R-1-2	R-1-P	R-2-P1	R-2-P2	AIV-6-1P	AIV-7-1P	AIV-8-1P		AIV-14-1P	AIV-15-1P
<i>Psammosteus sp.</i> (pauçurīņš)	4	1	6	9	1	7	1	4	15		78	44	11	5	5			16	4	22	3	1	2	1	2		1	Burtnieku-Amulas
<i>Pycnosteus sp.</i>																			1							1	Burtnieku-Amulas	
<i>Psammolepis sp.</i>																							1				Burtnieku-Amulas	
<i>Psammosteida sp.</i>											1																Burtnieku-Amulas	
<i>Psammosteus falcatus</i>						1																					Katlešu-Ogres	
Bruņuzivs <i>Bothriolepis sp.</i> (fragments)						3		3				1	1					3					1				Amatas-Ketleru	
Daivspurzivju <i>Osteolepididae sp.</i> (zviņa)												1	1								1						Pērnavas-Ketleru	
Bruņuzivs (fragments)								1							8				3	7							Ķemeru-Ketleru	
Bruņuzivs <i>Ptyctodus sp.</i> vai divējādi elpojoša zivs ?													1														Pļaviņu augšdaļa-Stīpinu	
Starspurzivs, Paleoniski	1					1																					Franas stāva nogulumos nav atzīmēts; Jonišķu-Ketleru	
Akantodes (zviņa)				3		2																					Plaši izplatīts	
Akantodes (dzelkšņa fragments)														1													Plaši izplatīts	
Akantodes (zviņa) <i>Devononchus sp.</i>				4							1		11								3						Katlešu-Ketleru	
Akantodes (žokļa fragments) <i>Persacanthus sp.</i>									2																		Gaļvenais devona lauks: Pļaviņu-Daugavas*	
Daivspurzivis: - <i>Strunius sp.</i>						1																					Par Pļaviņu svītu jaunākos nogulumos nav atzīmēts	
Daivspurzivis: - <i>Holoptychius sp.</i>		1	1						2					1	1		1	1	1	1	1		1				Daugavas svīā nav atzīmēts, Pļaviņu, Katleši-Ketleri	
Daivspurzivis (zobs) <i>Holoptychius sp.</i>								1	3				3	2			2					1	1				Daugavas svīā nav atzīmēts, Pļaviņu, Katleši-Ketleri	
Daivspurzivis: - <i>Sarcopterygii</i> indet.	1	1		2	1	2	4	1	1		2	6	1	2	1		1	1					1	1	3	2	1	-
Skrimšs/zivij līdzīgs fragments (no mutes)												1															Ļoti reti sastopamas: Narvas, Burtnieku, Kursā, Mūri	
Kaulzivs (zviņa) <i>Cheirolepididae sp.</i>														1					1								Līdz šim zināmas no vidusdevona nogulumiem	



9.1. att. Daugavas svītas dolomītu atradnēs paleokarsta veidojumu aizpildījumos konstatētās mikrofosīlijas:

A – *Psammosteus* sp. (pauguriņš) (Kranciema dolomīta atradne, karsta veidojums K-3, parauga Nr. karsta ala-2);

B – Bruņuzivs (fragments) (Kranciema dolomīta atradne, karsta veidojums K-16, parauga Nr. K-16-2P);

C – *Psammosteus falcatus* (Kranciema dolomīta atradne, karsta veidojums K-2, parauga Nr. K-2-P);

D – *Psammosteus* sp. (pauguriņš) (Kranciema dolomīta atradne, karsta veidojums K-14, parauga Nr. K-14-P).

E – *Devononchus* sp. (akantodes zvīņa) (Turkalnes dolomīta atradne, karsta veidojums T-2, parauga Nr. T-2-1);

F – *Psammosteus* sp. (pauguriņš) (Gaitiņu dolomīta atradne, karsta veidojums G-3, parauga Nr. G-3-1).

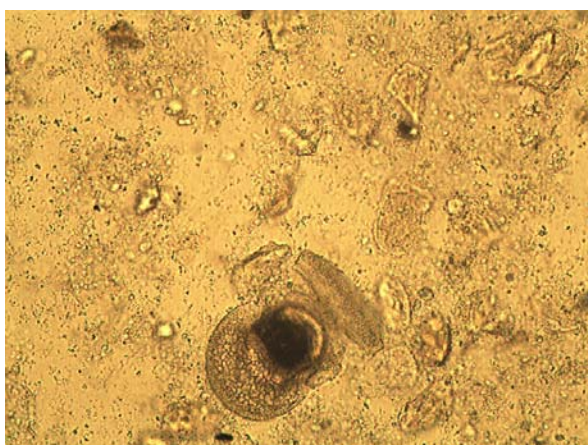
## 9.2. Sporas un putekšņi

Sporu un putekšņu pētījumi varētu dot atbildi ne tikai par paleokarsta veidojumu aizpildījumu vecumu, bet arī par karsta procesu norises laiku, jo attiecīgā laikposma floru pārstāvošās sporas un putekšņi, iespējams, karsta procesa norises laikā varēja iekļūt iegruvumu aizpildījuma sastāvā.

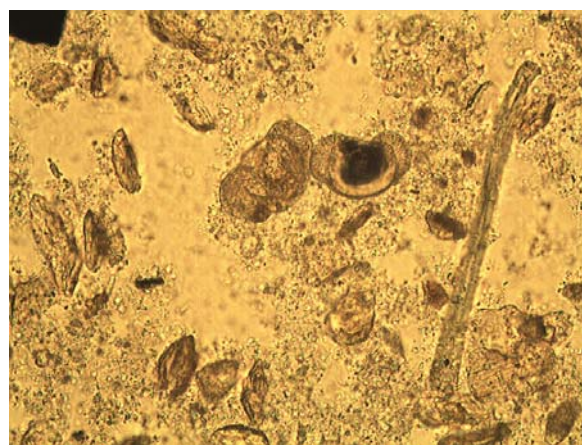
Seno sporu un putekšņu noteikšanai tika ņemti 6 paraugi no visām pētītajām Daugavas svītas dolomīta atradnēm, kurās tika konstatēti karsta veidojumi – Turkalne T-4-1, Gaitiņi G-3-1, Rītupju RI-3, Remīne R-2-P2, Aiviekste AIV-14-1P, Kranciems ALA-2. Daugavas svītas

dolomīta atradnēs karsta veidojumu aizpildījumos konstatētas dažāda vecuma sporas, putekšņi un atsevišķas augu atlieku daļas (9.2., 9.3., 9.4., 9.5. att.). Veicot vispārējus sporu un putekšņu pētījumus, redzamas, ka lielākā daļa šo mikrofosīliju ir konstatētas plašā griezuma intervālā – sākot no devona līdz pat kvartāra periodam (Ozoliņa, 1960; Глабкова и др., 1950). Maģistra darba izstrādes gaitā gan nebija pieejami mūsdienīgi šo mikrofosīliju noteicēji, kā arī Latvijā trūkst pieredzes pirmskvartāra sporu un putekšņu pētījumos, tādēļ šo rezultātu ticamības pakāpe pagaidām ir zema. Jāatzīmē, ka visos paraugos konstatētas dažas kopīgas mikrofosīlijas, kuras lielākoties pārstāv skujukokus:

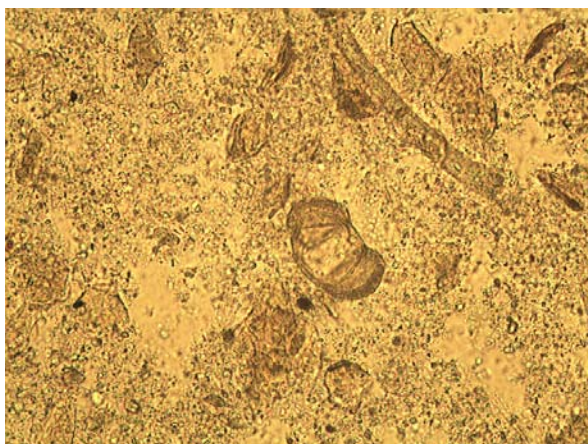
- *Abies alba* (egle); izplatība: kainozojs;
- *Pinus* sp. (priede); izplatība: krīts-neogēns;
- *Pinus (Diploxylon)* sp. (priede); izplatība: paleogēns-neogēns;
- *Ginkgoacea* gen. et sp. indet. (ginki); izplatība: jura-kainozojs;
- *Betula* sp. (bērzs); izplatība: kainozojs.



9.2. att. Paraugs Tūrkalne P-4-1. Redzams *Pinus* sp. (priede).



9.3. att. Paraugs Tūrkalne P-4-1. Attēla centrā - *Abies alba* (egle) un *Pinus* sp. (priede); *Ginkgoacea* (ginki).



9.4. att. Paraugs Tūrkalne P-4-1. Attēla centrā - *Abies alba* (egle).



9.5. att. Paraugs Tūrkalne P-4-1. Attēla centrā pagaidām nenoteikta, domājams, pirmskvartāra spora..

## 10. PALEOKARSTA VEIDOJUMU AIZPILDĪJUMU ĢEOLOĢISKAIS VECUMS

Kā minēts iepriekš, par dolomītos sastopamo paleokarsta veidojumu aizpildījumu ģeoloģisko vecumu ir izteikts viedoklis vairākos literatūras avotos. Tomēr ģeoloģiskās literatūras datu analīze liecina, ka paleokarsta veidojumu aizpildījums un tā vecums ir raksturots aptuveni, bez īpašiem tam veltītiem pētījumiem, vairāk uzmanību vēršot uz derīgā izrakteņa raksturojumu un teritorijas ģeoloģisko uzbūvi.

I. Mēkone ir atzīmējusi, ka Kranciema atradnes malā un apkārtnē Daugavas svītu pārsedz stratigrāfiski nesadalīto Katlešu un Ogres svītu nogulumu – zilgani pelēki, brūni, violeti blīvi, smilšaini māli, kā arī mālu un smilšakmens mija (Mēkone, 1969). V. Apškalējs ģeoloģiskās izpēte pārskatā (Apškalējs, 2000) atzīmē, ka Gaitiņu dolomīta atradnē neizstrādātajos karsta palikšņos nav dolomītu, bet tie sastāv no Ogres svītas māliem un merģeļiem. Arī S. Ozola (Озола, 1982) atzīmē, ka Turkalnes atradnē pēc ģeofizikālajiem datiem vairākos urbemos konstatēts, ka karsta dobumi aizpildīti ar mālainiem un smilšainiem nogulumiem. G. Barhovkina (Барховкина, 1989) atzīmē, ka starp senākiem devona iežiem vietām sastopami jaunāki devona vecuma ieži, kas atbilst Pamušas svītas (Ogres svītas) vecumam un tos veido pulverveida un atlūzu masa – smilšaini merģeļi, baltas smiltis, sarkanbrūni māli un aleirīts. Tas konstatēts ģeofizikālo darbu rezultātā. Savos pētījumos no 1930.-1940. g. N. Delle piemin, ka pie Ogres, pie Rempēteriem konusveida iegruvumu garums sasniedz pat 30 m, kur visā nogāzes augstumā erozijas terases ir aizpildītas ar violeti zilu mālu un baltu Ogres svītas smilšu sajaukumu. Savukārt, apkopojot literatūras datus (piemēram, Brangulis u.c., 1998) liecina, ka Katlešu svītā dominē mālaine nogulumi, bet Ogres svītā – smilšakmeņi, bieži ar bagātīgu dolomīta cementu. Salīdzinoši netālu no pētījumu reģiona – Ogres upes krastos pie Glāžšķūņa, Ogres svītā ir ļoti izplatīti dolomītsmilšakmeņi (Kaimiņš, 2003).

Par karsta veidojumu aizpildījumu ģeoloģisko vecumu, domājams, liecina vairāku maģistra darba gaitā veikto pētījumu un analīžu dati. Granulometriskās analīzes rezultāti liecina par to, ka karsta veidojumu aizpildījuma sastāvā vairumā gadījumu dominē mālainās un aleirītiskās frakcijas. Tie visticamāk norāda uz Katlešu svītas nogulumu klātbūtni senā karsta veidojumu aizpildījumos. To apstiprina arī lauka pētījumu gaitā Kranciema, Aiviekstes kreisā krasta, Gaitiņu, Turkalnes un Remīnes atradnēs novērotais karsta veidojumu aizpildījumu izteikti

mālainais un aleirītiskais sastāvs. Arī to krāsa – zilganpelēka, violeta un ķiršsarkana, ir ļoti raksturīga tieši devona Katlešu svītas mālainajiem nogulumiem.

Kā jau darbā atzīmēts, karsta veidojumu aizpildījumos vietām ir arī samērā augsts smilšainā materiāla saturs, pie tam granulometriskie koeficienti lielākoties norāda uz zemu un pat ļoti zemu materiāla šķirofību – smilts ir kopā ar mālu un aleirītu. Tas visticamāk norāda uz dažādu slāņu vai pat biežāku slāņkopu materiāla sajaukšanos karsta veidojumu aizpildīšanās procesā. Arī karbonātiskā materiāla saturs ir mainīgs, parasti augsts. Tas, iespējams, skaidrojams ar Daugavas svītas dolomītu šķīšanas procesiem, kā arī ar karbonātiskā materiāla piejaukumu no pārsedzošajiem devona nogulumiem.

Kā liecina plānslīpējumu pētījumi no Kranciema atradnes, karsta veidojumu aizpildījuma materiālu vietām veido arī dolomītsmilšakmens. Tā uzbūve ir līdzīga Ogres svītas dolomītsmilšakmeņiem, kas raksturoti K. Kaimiņa bakalaura darbā (Kaimiņš, 2003). Tādējādi visticamāk karsta veidojumu aizpildījumos ir gan Katlešu, gan Ogres svītas vecuma nogulumi. Pie tam, domājams, abu šo devona svītu nogulumi ir sastopami karsta veidojumu aizpildījumā gan vislabāk pētītajā Kranciema atradnē, gan arī Remīnes atradnē un arī ievērojamā attālumā no tām izvietotajā Aiviekstes kreisā krasta atradnē. Tas norāda uz paleokarsta procesa norises līdzībām pētītajās dolomītu atradnēs. Nozīmīgi rezultāti ir iegūti, veicot mugurkaulnieku mikrofosīliju pētījumus vairākās atradnēs. Šie pētījumi apstiprina karsta veidojumu aizpildījumu ģeoloģisko vecumu – Katlešu un/vai Ogres svīta.

Bakalaura darbā (Kaļva, 2007) Kranciema atradnē ir konstatēts karsta veidojumu izvietojums joslās, kas aptuveni sakrīt ar vienas plaisu sistēmas ( $40-220^{\circ}$ ) vērsuma azimutu. Maģistra darbā šie dati ir papildināti ar trīs jaunatklātu paleokarsta veidojumu konstatāciju – arī tie veido līdzīgi orientētu joslu. Visticamāk šo plaisu veidošanos ir ietekmējuši tektoniskie procesi. Savukārt, plaisu sistēma, kas konstatēta dolomītu slāņkopas augšdaļā (tuvu ģeogrāfiskā platuma un garuma virzieniem), iespējams, lielākā mērā ir saistīta ar ledāja darbību. No tā izriet, ka karsta procesi ir notikuši pirms pleistocēna apledošanas un apstiprina to, ka Kranciema atradnē konstatētie veidojumi ir paleokarsta veidojumi. Jāpiebilst, ka O. Varfolomejeva (Варфоломеева, 1965) ir atzīmējusi to, ka upju ielejās senie karsta iegruvumi sakoncentrēti tajās zonās, kur meridionāla un ģeogrāfiskā platuma virziena plaisas šķērso lokālās tektoniskās struktūras. Tādu zonu robežās pazemes ūdens cirkulācijas nosacījumi bija sevišķi labvēlīgi iežu šķīdināšanai. Tas nesakrīt ar bakalaura darbā iegūtajiem datiem par plaisu orientāciju un karsta veidojumu izvietojumu. Šī atšķirība varētu būt izskaidrojama ar to, ka O. Varfolomejevas secinājumi par plaisām tika izdarīti, pamatojoties uz plaisu mērījumiem, kas iegūti dolomītu slāņkopu augšdaļā.

Arī S. Ozola (Озола, 1982) atzīmē, ka Turkalnes dolomīta atradnē tektoniski vājināto zonu rajonos novērota karsta procesu attīstība dolomītos. Pēc ģeofizikālajiem datiem, karsta veidojumi Turkalnes atradnē galvenokārt orientēti Z-ZR virzienos. Veicot lauka darbus maģistra darba ietvaros, karsta veidojumu orientācija Turkalnes atradnē lielākoties nesakrīt ar tektoniski vājināto zonu virzienu, kas atzīmēts augstāk minētajā atskaitē. Iespējams, šī atšķirība skaidrojama ar to, ka maģistra darbā netika pielietotas ģeofizikālās metodes, tādējādi karsta veidojumu orientācija tika noteikta tikai atsevišķiem karsta palikšņiem jau iazstrādātajā atradnes daļā.

Plaisu mērījumi dolomītos un plaisainības saistība ar karsta veidojumu rašanos ir plašs jautājums, kas prasa būtiskus turpmākus pētījumus. Lai iegūtu ticamus datus, ir jāveic liels skaits plaisu krituma azimutu un leņķu mērījumu.

## 11. PALEOKARSTA PROCESU IESPĒJAMĀS NORISES LAIKS

Sarežģīts ir jautājums par paleokarsta procesu norises laiku. Līdzšinējos pētījumos ir izdarītas atsevišķas norādes par to veidošanās iespējamajiem laikposmiem. V. Hodireva promocijas darbā (Hodireva, 1997) atzīmē, ka senā karsta iegruvumu izmēri ir no 10 \* 10 m līdz vairākiem simtiem metru, un to sienas jeb kontaktvirsmas ir gandrīz vertikālas. Samērā grūti noskaidrot, cik dziļi tie turpinās, jo iegruvumi šķērso gan visu Daugavas, gan Pļaviņu svītas karbonātisko slāņkopu. Netraucēts iežu sagulums konstatēts tikai 70–100 m dziļumā un vairāk. Arī dolomīti tiešā karsta veidojumu tuvumā ir stipri pārveidoti, galvenokārt izskaloti, dzelžoti, arī brekčijveida, ar kalcīta kristālu drūzām kavernās un plaisās. Tas viss liecina par aktīvu un ilgstošu pazemes ūdeņu cirkulāciju, izšķīdušo vielu pārnesi un atkārtotu izgulsnēšanu.

Karsta veidojumu apakšējais kontakts un to absolūtais dziļums vēl arvien ir maz pētīts. Atsevišķu ģeoloģiskās izpētes urbumu dati liecina, ka slāņu vertikālās pārvietošanās lejup ir vairāki desmiti metru un nedaudzie šādās vietās urbtie urbumi nesasniedz slāņu netraucēto sākotnējo sagulumu ne 60-70 m, citur arī ne 100-150 m dziļumā. Dažreiz šādi derīgās slāņkopas traucēta saguluma intervāli tiek uzurbti tās vidusdaļā vai zemāk, ko var izskaidrot ar tuvumā esošo iegruvumu paplašināšanos uz leju (dziļumā). Vēl karsta veidojumiem raksturīgs tas, ka iegruvušo iežu materiāls tiek ieskalots dolomītu slāņos pa plaisām un aizpilda tur esošos tukšumus. Tādējādi karsta iegruvumiem veidojas it kā atzarojumi, un to forma ir kā koka stumbrs ar zariem. Tā kā virs dolomītu slāņkopas iegulošie ir Kotlešu un Ogres svītu mālaini smilšainie nogulumu, tad tiem iebrūkot un tālāk ieskalojoties, derīgā slāņkopa tiek aizpildīta ar smiltīm un māliem.

Šādu iegruvumu veidošanās tiek saistīta ar karsta procesiem Daugavas, Salaspils, Pļaviņu svītu nogulumiežos, kas notika, ceļoties Latvijas teritorijai. Par šo parādību īpaši aktīvu posmu uzskata strauju reģiona celšanos, dziļu, kanjonveida seno upju ieleju veidošanos un ar tām saistīto vertikālo kanālu, šahtu un iegruvumu rašanos neogēna periodā un arī vēlākā laika posmā. Tomēr nav tiešu pierādījumu, kas ļautu apgalvot par šo veidojumu rašanās laiku (Hodireva, 1997).

Kā norāda O. Varfolomejeva (Варфоломеева, 1965), pagaidām nav pietiekoši daudz datu, lai spriestu par karsta procesiem agrajā paleozoajā un devonā. Tomēr virkne paleokarsta pazīmju devona dolomītos, ko raksturojis V. Sorokins (1978), G. Barhovkina (Барховкина, 1989) un citi pētnieki, norāda uz karsta procesu norisi jau devonā, salīdzinoši neilgi pēc šo nogulumu izveidošanās.

Karbonā un agrajā permā no jauna sāka attīstīties karsta procesi. Kamēr pilnībā nebija attīstījies hidroloģiskais tīkls, karsta procesi norisinājās tikai atsevišķos slāņos visā teritorijā. Šajā laika posmā dolomītus šķīdināja pazemes ūdeņi, kas plūda iežu krituma virzienā un kuru erozijas bāze bija reģionālie baseini (Барфоломеева, 1965).

Pēc O. Varfolomejevas datiem (Барфоломеева, 1965), nākošais karsta attīstības etaps varēja būt saistīts ar lokālo struktūru plaisainības veidošanos. Lokālo struktūru veidošanās laikā Latvijas-Lietuvas depresijas spārna teritorijā norisinājās arī plaisu veidošanās un karbonātiežu šķīdināšana ap plaisām. Uzskata, ka daudzu šo struktūru ģeoloģiskais vecums atbilst devonam. Paleokarsta iegruvumi radās sakarā ar hidroloģiskā tīkla veidošanos. Neogēna sākumā Latvijas teritorija bijusi piepacelts līdzenums. Miocēnā Baltijas teritorija cēlās. Pliocēnā celšanās mijās ar ievērojumu teritorijas sēšanos. Par celšanās procesiem, domājams, liecina divu seno ieleju izveidošanās, kuru pamatne atrodas 150 līdz 200 m zjl. Ar celšanās fāzi saistīta hidroloģiskā tīkla dziļumerozija, kas veicināja aktīvu ūdens apmaiņu augšdevona iežu masīvos, un virszemes un pazemes noteces sadalījumu. Šajā periodā pamatieži pacēlās 300 m vjl. Tādēļ atsevišķos iecirkņos, seno ieleju malās, pastiprinājās šķīšanas procesi.

Savukārt, N. Delle (1938) karsta iegruvumu rašanos attiecina uz apledojuuma laiku un kā pārsedzošo slāņu ieliekšanās iemesls virs tukšumiem skaidro ar ledāja milzīgo masu. Aprakstot jau sen zināmo Oliņkalna iegruvumu, N. Delle apstrīd Rozena un Krausa apgalvojumu, ka iegruvumi radušies slāņu šķīšanas rezultātā uz Pļaviņu un Amatas svītu kontakta vai zemāk. N. Delle norāda, ka pats veicis izpēti Salaspils un Daugavas svītās lielās plaisās un alās, kas veidojušās Salaspils svītas ģipša, akmenssāls un merģeļu šķīšanas rezultātā. Ledāja smaguma spēka iedarbībā iegruvumu konuss izpletās un Ogres svītas māli un smiltis ar spēku iegruva tajā.

Kā atzīmē O. Varfolomejeva (Барфоломеева, 1965), tiešu pierādījumu par augšdevona iežu šķīšanu ledus laikmetā pagaidām nav. Daļa izveidoto karsta formu acīmredzot saistīta ar starpledus laikmetiem. Daži fakti liecina par to, ka karstu tukšumi un citas formas varēja izveidoties līdz Risas apledojumam. Pēcledus laikmetā karsta attīstība bijusi izteiktāka. Ledāja kušanas ūdeņi sakrājās reljefa pazeminājumos, izveidojot pieledus baseinus. Pārteces rezultātā no viena baseina uz otru kušanas ūdeņi sadalīja morēnas līdzenumu platās ielejās.

Pēc O. Varfolomejevas datiem (Барфоломеева, 1965), tomēr viennozīmīgi ir grūti noteikt laiku, kad Latvijas teritorijā veidojās lielākā daļa senā karsta formu devona karbonātiežos. Senākais iespējamais laiks ir Ogres laikposms, jo Latvijas sedlienē iegruvumos augšdevona vecuma iežos ir konstatēti Ogres svītas nogulumi. Karsta veidojumu rašanās ir notikusi līdz ledus laikmetam. Tomēr tas, ka seno karsta formu izplatība ir saistīta ar pirmskvartāra hidrogrāfisko

tīklu, kas pēc viņas paustajiem uzskatiem visplašāk attīstījies tieši pirms kvartāra perioda, norāda, ka šie iegruvumi diez vai veidojās agrāk par terciāra vidu (tas atbilst aptuveni robežai starp paleogēnu un neogēnu).

Vispārējie priekšstati par karsta procesiem liecina, ka tie norisinās karstā jeb siltā un mitrā (humīdā) klimatā. Tagadējā Latvijas teritorijā kopš devona perioda līdz pat perma un, domājams, triasa periodam, ir dominējis salīdzinoši sauss klimats. Par to liecina tādi klimatiskie indikatori kā ģipša slāņi, halīta kristālu pseidomorfozes u.c. Tie novērojami dažādos devona un perma nogulumos. Drošas pazīmes par humīdu klimatu ir konstatētas juras nogulumos (Brangulis u.c., 1998). Tā kā juras nogulumi ir jaunākie, ko pārsedz pleistocēna veidojumi, datu par krīta, paleogēna un neogēna norisēm tieši Latvijas teritorijā praktiski nav. Lietuvas teritorijā neogēna periodā izveidojās ļoti tīras kvarca smiltis, kas liecina par izteiktiem dēdēšanas procesiem un par humīdu klimatu.

Šeit jāpiezīmē arī fakts, ka paleogēna beigās un neogēnā tagadējā Baltijas jūras ieplakā izveidojās milzīgā Eridanos upju sistēma. Šīs upju sistēmas attīstība bija saistīta ar Fenoskandijas vairoga celšanos un vienlaicīgu Ziemeļjūras baseina grimšanu (Overeem *et al.*, 2001). Vienlaikus ar Fenoskandijas vairoga celšanos tas varēja izraisīt erozijas bāzes strauju pazemināšanos tagadējā Latvijas teritorijā un kalpot par iemeslu jauna upju tīkla attīstībai, straujākai pazemes ūdeņu plūsmai un karsta procesu pastiprinātai darbībai. Devona dolomītos sastopamie paleokarsta veidojumi pēc izmēriem ir ļoti iespaidīgi – kā jau minēts, to dziļums sasniedz pat 100-150 m. Tādēļ to izveidei bija nepieciešamas lielas reljefa starpības.

Tiešus datus par karsta norises laiku, iespējams, dod paleokarsta veidojumu aizpildījumā sastopamās sporas un putekšņi. Kā jau minēts, maģistra darbā veikto pētījumu gaitā tika atrastas daudzas šādas mikrofosīlijas. Tās, iespējams, tiešām norāda uz kainozoja vecumu, tomēr pagaidām to noteikšana bija aptuvena, un sporu un putekšņu pētījumu rezultātus var uzskatīt par maz ticamiem.

Acīmredzot paleokarsta veidojumu rašanās laiku varētu palīdzēt noskaidrot turpmāki to detalizēti pētījumi – ir sevišķi to orientācijas pētījumi saistībā ar tādām reljefa formām kā senielejas, kā arī sporu un putekšņu detalizēti pētījumi un noteikšana, konsultējoties ar speciālistiem ārvalstīs.

## SECINĀJUMI

Maģistra darbā veikto pētījumu rezultātā ir iegūti šādi secinājumi:

- 1) Nogulumu granulometriskais sastāvs, t. sk. sliktā un ļoti sliktā šķirotība, tajos sastopamie dolomītsmilšakmeņu bloki, kā arī mugurkaulnieku mikrofosīliju komplekss, liecina, ka Kranciema, Aiviekstes kreisā krasta, Turkalnes, Remīnes un Gaitiņu dolomīta atradņu karsta veidojumu aizpildījuma materiāla ģeoloģiskais vecums atbilst Katlešu un Ogres svītai.
- 2) Karsta veidojumu aizpildījumu sastāvs un, domājams, ģeoloģiskais vecums ir līdzīgs praktiski visās pētītajās Daugavas svītas dolomītu atradnēs.
- 3) Kranciema atradnes teritorijā viena plaisu sistēma dolomītu slāņkopas pamatnē (plaisu vērsuma azimuti  $40^{\circ}$ - $220^{\circ}$ ) praktiski sakrīt ar karsta veidojumu orientāciju. Šis secinājums ir iegūts jau bakalaura darba (Kaļva, 2007) gaitā un apstiprināts maģistra darbā veiktajos pētījumos.
- 4) Pētītajās atradnēs ir tikai paleokarsta veidojumi, kas veidojušies pirms pleistocēna apledojuumiem, un nav atrastas kaut cik ievērojamas mūsdienu karsta pazīmes.

Karsta veidojumos atrastās sporas un putekšņi, kā arī vispārējie priekšstati par virszemes ūdeņu plūsmu un klimatiskajiem apstākļiem norāda, ka karsta procesi visticamāk norisinājās paleogēnā vai neogēnā. Tomēr šo var uzskatīt tikai par darba hipotēzi turpmākiem pētījumiem. Darba gaitā tika secināts arī, ka paleokarsta procesu un veidojumu pētījumi Latvijā ir nepietiekami un tos būtu svarīgi turpināt. Veicot plašākus sporu un putekšņu pētījumus karsta veidojumu aizpildījumos, kā arī pētot karsta veidojumu orientāciju saistībā ar citām senajām negatīvajām reljefa formām, varētu izdoties noskaidrot paleokarsta norises laiku.

## PATEICĪBAS

Darba metodikas izvēlē, lauka darbos un visā darba izstrādes laikā liela nozīme bija maģistra darba vadītāja Ģirta Stinkuļa atbalstam. Paldies jāsaka Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes profesoram Ervīnam Lukševičam par konsultācijām un līdzdalību mikrofosīliju pētījumos. Palīdzību šajā jomā sniedza arī Jeļena Vasiļkova. Jāpateicas arī Kvartārvides laboratorijas vadītājai Laimdotai Kalniņai par palīdzību sporu un putekšņu analīzē un pētījumos. Paldies Iežu pētījumu laboratorijas laborantam Konrādam Popovam par palīdzību laboratorijas darbu veikšanā.

## LITERATŪRAS SARAKSTS

### Publicētā literatūra:

- ❖ Chernicoff S. (1999). Geology. An introduction to physical geology. Houghton Mifflin Company, 596 p.
- ❖ Ford D., Williams P. (2007). Karst Hydrogeology and Geomorphology. John Wiley & Sons, Ltd, 562 p.
- ❖ Grīne I., Zelčs V. (1997). Latviešu-angļu-vācu-krievu ilustrētā ģeomorfoloģijas terminu vārdnīca, izd. P&K, Rīga, 204 lpp.
- ❖ Kondratjeva S., Hodireva V. (2000). Latvijas dolomīti, izd. Rīga, Rīga, 79 lpp.
- ❖ McManus J. (1988). Grain size determination and interpretation. In: Tucker M. E. Techniques in Sedimentology, Blackwell Science. pp. 63-85
- ❖ Mūrnieks A., Meirons Z., Misāns J. (2004). Latvijas ģeoloģiskā karte, mērogs 1:200 000, 25. lapa – Indra, 35. lapa – Rēzekne, paskaidrojuma teksts un kartes, izd. Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga, 56 lpp.
- ❖ Overeem I., Weltje G. J., Bishop-Kay C. and Kroonenberg S.B. (2001). The Late Cenozoic Eridanos delta system in the Southern North Sea Basin: a climate signal in sediment supply? Basin Research, 13 pp. 293-312.
- ❖ Ozoliņa V., (1960). Ģeoloģijas un derīgo izrakteņu institūta raksti . Materiāli par augšdevona Franas stāva sporām un putekšņiem Latvijas PSR, izd. Latvijas PSR Zinātņu akadēmija, Rīga, 197 lpp.
- ❖ Stinkulis Ģ. (2006). Latvijas minerālizejvielas būvmateriālu ražošanai, materiālzinātne un lietišķā ķīmija, 13. sēj., izd. RTU zinātniskie raksti.
- ❖ Биргер Л. В., Куршс В. М., Лярская Л. А. и др. (1979). Геологическое строение и полезные ископаемые Латвии, изд. Зинатне, Рига, 543 с.
- ❖ Варфоломеева О. М. (1961). Карст Латвийской ССР, изд. Академия Наук Латвийской ССР, Рига, 182 с.
- ❖ Варфоломеева О. М. (1965). Карбонатный карст Латвийской ССР на примере долины р. Даугава, изд. Зинатне, Рига, 199 с.
- ❖ Гвоздецкий Н.А.(1988). Карстовые ландшафты, изд.: Московский университет, 111 с.

- ❖ Глабкова А. Н., Гручик В. П., Заклинская Е. Д., Зауер В. В., Попровская И. М., Рабевич Н. Д., Самойлович С. Р., Себова М. А., Стельмак Н. К. (1950). Пыльцевой анализ, изд. Государственное издательство геологической литературы, Москва, 570 с.
- ❖ Гричук В. П. (1950). Сепарационный метод Гричука. В кн.: Глабкова А. Н., Заклинская Е. Д., Мокровская И. М., Рабзевиц И. Д., Смельмак И. К., Пыльцевой анализ. Москва, 455 стр.
- ❖ Петрова И. В., Кондратиене, О. П., Дедович, Г. С. (1986). Методические рекомендации по приготовлению осадочных пород к споро-пыльцевому анализу, Ленинград, 77 стр.
- ❖ Сорокин В. С. (1981). Девон и карбон Прибалтики, изд. Зинатне, Рига, 502 с.
- ❖ Туркина Л. Г. (1997). Проявления карста на территории г. Рига. Зинатне, Рига.

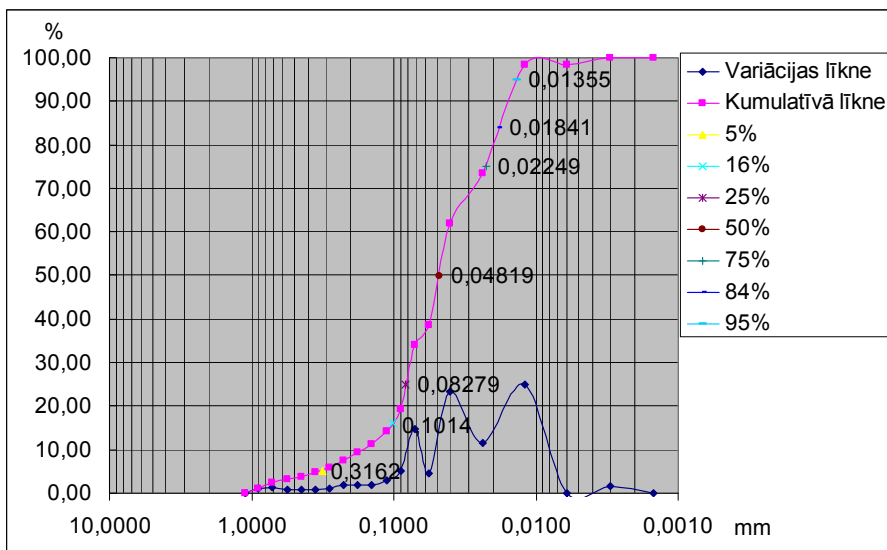
#### **Nepublicētā literatūra:**

- ❖ Apškalējs V. (2000). Pārskats par Gaitiņu dolomīta karjera derīgā materiāla inventarizāciju un papildinājumu 1989. gada projektam, SIA “Ceļuprojekts”, 6 lpp.
- ❖ Buls T., (2007). Viļņu ripsnojums un tā tipi Rīgas līča austrumu piekrastē. Bakalaura darbs, Rīga. 72 lpp.
- ❖ Hodireva V. (1997). Latvijas devona dolomītu litoloģiski rūpnieciskie tipi. Promocijas darbs, Rīgā: LU, 155 lpp.
- ❖ Hodireva V., Kondratjeva S. (1993). I sējums. Pārskats par Pērtnieku dolomītu atradnes papildizpēti Rēzeknes rajonā, izd. Valsts uzņēmums Latvijas ģeoloģija, Rīgā, 134 lpp.
- ❖ Kaimiņš K. (2003). Ogres svītas nogulumi Ogres upes krastos. Bakalaura darbs, Rīga: LU.
- ❖ Kaļva K. (2007). Karsta veidojumi Kranciema atradnē. Bakalaura darbs, Rīgā: LU, 71 lpp.
- ❖ Lieplapa L. (2008). atskaite 19232, Tehniskā projekta izstrāde dolomīta ieguvei karjerā Baravikas Ludzas rajonā, Mērdzenes pagastā, Rūzori, Madonā, 26 lpp.
- ❖ Mēkone I. (1969). Pārskats par dolomītu meklēšanas un iepriekšējās izpētes darbiem Bauskas, Jelgavas un Rīgas rajonos, I sējums, Rīgā, 282 lpp.
- ❖ Muratova A. (2002). Latvijas devona karbonātiežu dēdēšana un karsta procesi tajos. Bakalaura darbs, Rīgā: LU.
- ❖ Serovs O., Gubaidulina T. (2006). Ludzas rajona Mērdzenes pagasta dolomīta atradnes Baravikas ģeoloģiskās izpētes pārskats, Daugavpilī, 40 lpp.
- ❖ Барховкина Г. (1989). Отчет о доразведке и переоценке доломитов участка Путели месторождения Биржи на щебень и стекло по работам 1983 и 1986 г. Латвийской ССР, Книга I, изд. Министерство геологии СССР, Рига, 181 с.

- ❖ Возвышаев А. В. (1991). Результаты детальной разведки месторождения строительных доломитов Сайкава в Мадонском районе, отчет нерудной партии за 1989 – 1991 г. г. Книга I, книга II, изд. Министерство геологии СССР, Рига, 129 с.
- ❖ Меконе И., Реута А. (1967). Отчет о предварительной разведки месторождения оломитов Ремине в Рижском районе для производства щебня, Том I, изд. Министерство геологии СССР, Рига, 117 с.
- ❖ Озола С. Э. (1982). Отчет о предварительной разведке месторождения доломитов Туркалне, Том I, Том II, изд. Министерство геологии СССР, Рига, 159 с.
- ❖ Осипова О. А. (1987). Отчет о доразведке юго-восточного участка разрабатываемого месторождения доломитов Ремине, изд. Министерсво геологии СССР, Рига, 18 с.

PIELIKUMS: Granulometriskās līknes un koeficienti paleokarsta veidojumu aizpildījumu klastiskajiem nogulumiem.

### Kranciema dolomīta atradne:

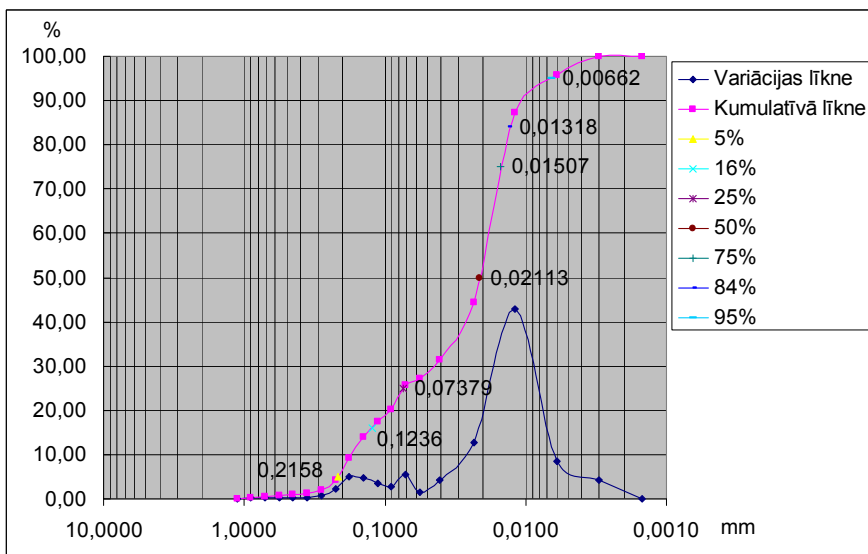


### Granulometriskie koeficienti

> ..., %	mm	F <sub>i</sub>
5%	0,31620	1,661
16%	0,10140	3,302
25%	0,08279	3,594
50%	0,04819	4,375
75%	0,02249	5,475
84%	0,01841	5,763
95%	0,01355	6,206
Šķirotība	1,304	
Asimetrija	-0,033	
Smailums	0,991	

1.1. att. Paraugs ALA-2 (no K-3)

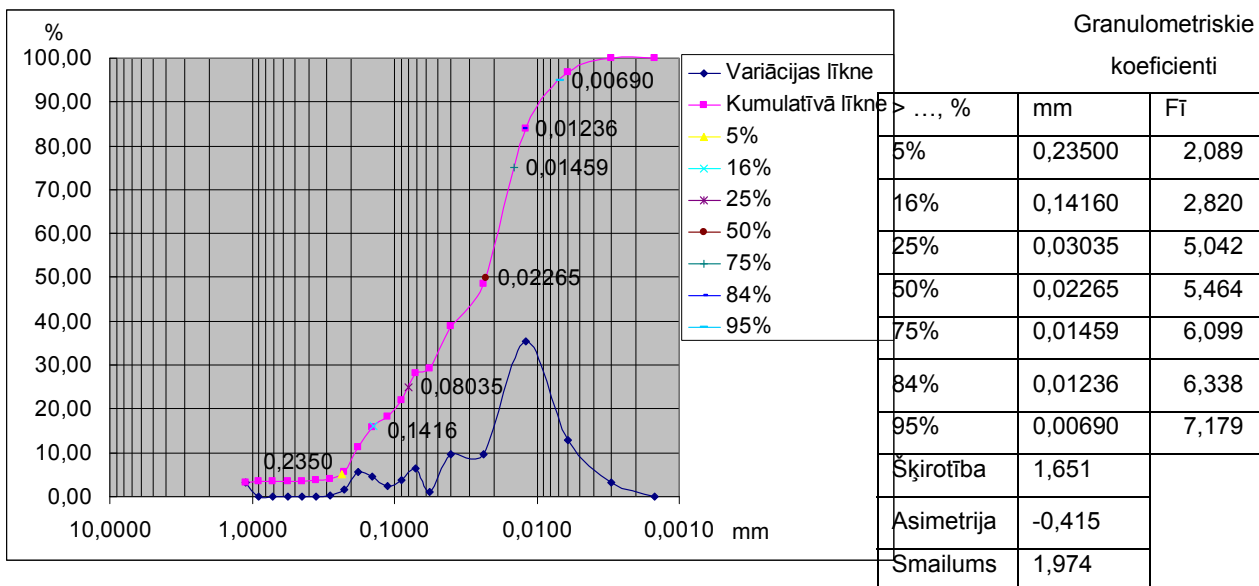
### Aiviekstes kreisā krasta dolomīta atradne:



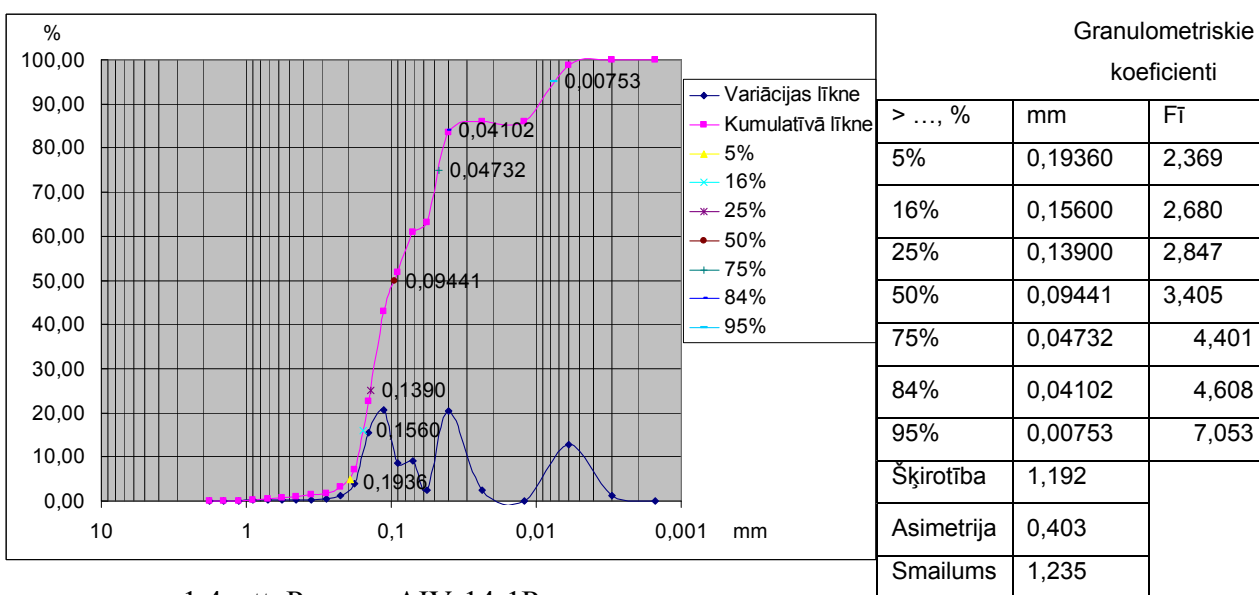
### Granulometriskie koeficienti

> ..., %	mm	F <sub>i</sub>
5%	0,21580	2,212
16%	0,12360	3,016
25%	0,07379	3,760
50%	0,02113	5,565
75%	0,01507	6,052
84%	0,01318	6,246
95%	0,00662	7,239
Šķirotība	1,569	
Asimetrija	-0,456	
Smailums	0,899	

1.2. att. Paraugs AIV-6-1P

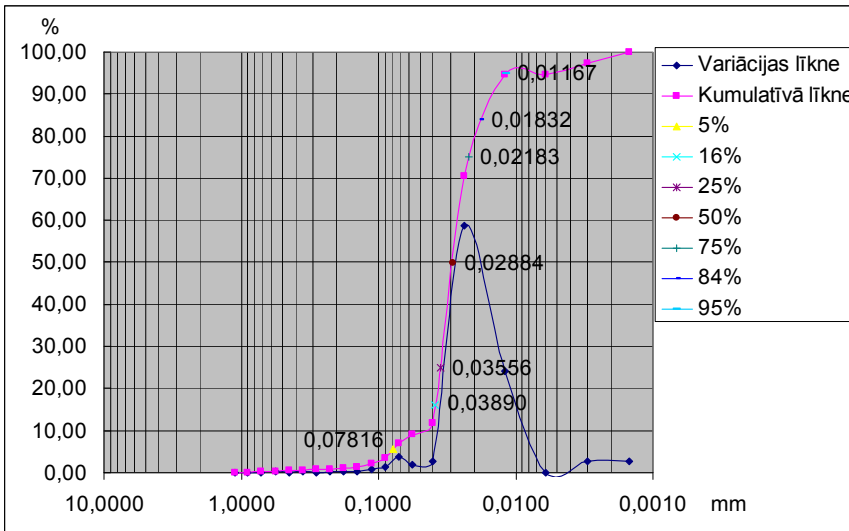


1.3. att. Paraugs AIV-8-1P



1.4. att. Paraugs AIV-14-1P

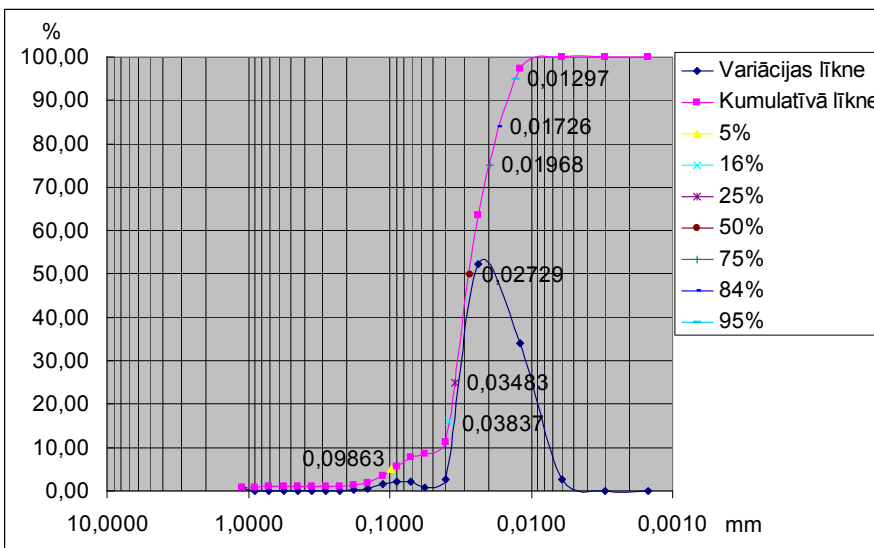
### Gaiņu dolomīta atradne:



1.5. att. Paraugs G-5-1

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F <sub>i</sub>
5%	0,07816	3,677
16%	0,03890	4,684
25%	0,03556	4,814
50%	0,02884	5,116
75%	0,02183	5,518
84%	0,01832	5,770
95%	0,01167	6,421
Šķirotība	0,687	
Asimetrija	0,078	
Smailums	1,597	

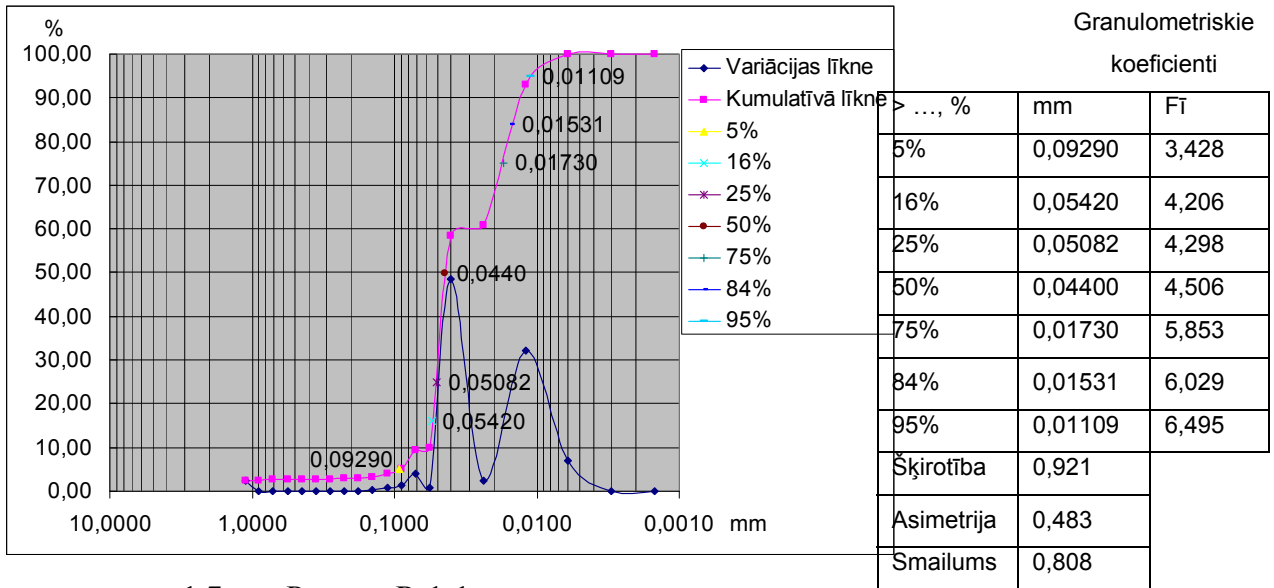
### Turkalnes dolomīta atradne:



1.6. att. Paraugs T-2-2

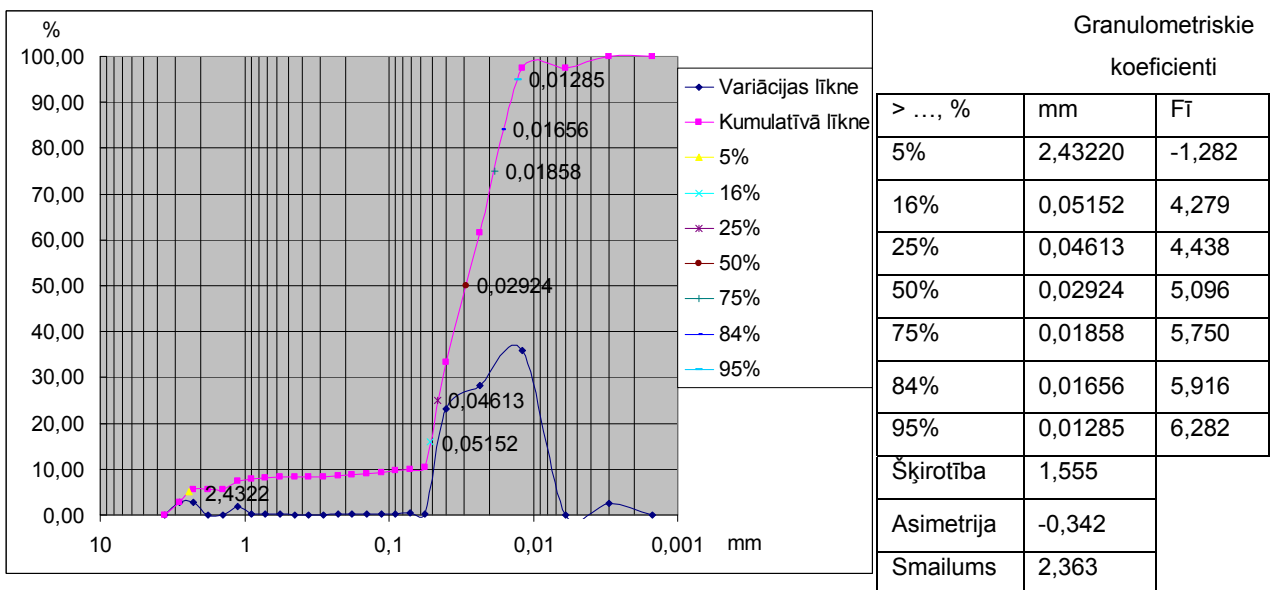
Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F <sub>i</sub>
5%	0,09863	3,342
16%	0,03837	4,704
25%	0,03483	4,844
50%	0,02729	5,195
75%	0,01968	5,667
84%	0,01726	5,856
95%	0,01297	6,269
Šķirotība	0,732	
Asimetrija	-0,060	
Smailums	1,456	

### Remīnes dolomīta atradne:



1.7. att. Paraugs R-1-1

### Salenieku (Rītupju) dolomīta atradne:



1.8. att. Paraugs RI-1

*Dokumentārā lappuse*

Ar šo apliecinām, ka maģistra darbs

.....

.....  
*Darba nosaukums*

ir sagatavots aizstāvēšanai gala pārbaudījumu komisijā dabas zinātņu maģistra grāda  
ģeoloģijā iegūšanai

Autors ..... Paraksts, datums .....  
*Vārds, uzvārds*

Zinātniskais vadītājs ..... Paraksts, datums .....  
*Vārds, uzvārds, amats*

**Noslēguma darba saņemšanas reģistrācija:**

Darba reģistrācijas Nr. ....

Profilējošā katedra: .....

Nodaļas lietvede ..... Paraksts, datums .....  
*Vārds, uzvārds*

**Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:**

Maģistra darbs aizstāvēts maģistra gala pārbaudījumu komisijā .....  
*gads, datums, mēnesis*

un aizstāvēts ar atzīmi .....

Priekšsēdētājs ..... Paraksts, datums .....  
*Vārds, uzvārds*

Sekretārs ..... Paraksts, datums .....  
*Vārds, uzvārds*