

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

DEVONA STIPINU SVĪTAS DOLOMĪTU SLĀŅKOPAS UZBŪVE UN
FIZIKĀLI MEHĀNISKĀS ĪPAŠĪBAS LATVIJĀ

MAĢISTRA DARBS

Autore: Māra Lapsele

Stud. apl. ml07037

Darba vadītājs: Asoc. prof.,

Dr. ģeol. Ģirts Stinkulis

RĪGA 2016

ANOTĀCIJA

Maģistra darbā “Devona Stipinu svītas dolomītu slāņkopas uzbūve un fizikāli mehāniskās īpašības Latvijā” ir raksturota Stipinu svītas dolomītu uzbūve ģeoloģiskajā griezumā, to struktūra, mikrotekstūra pieslīpņos un plānslīpējumos, kā arī dolomītu fizikāli mehāniskās īpašības, un pētītas minēto īpašību kopsakarības. Pētījuma rezultātā noskaidrots, ka dolomīta nodilumizturībai ir cieša saikne ar tā kristālu saaugumu, formu un izmēru, kas savukārt atkarīgi no ieža veidošanās apstākļiem un pēcsedimentācijas izmaiņām – dolomitizācijas, pārkristalizēšanās un šķīšanas procesiem. Pētītajiem Stipinu svītas dolomītiem ir ļoti cieša pozitīva sakarība starp Losandželosas un Mikro-Devala koeficienta vērtībām.

Atslēgas vārdi: karbonātieži, Franas stāvs, plānslīpējums, Losandželosas tests, Mikro-Devala tests; nodilumizturība

ANNOTATION

Master's paper "Geological structure, physical, and mechanical properties of dolomites of the Devonian Stipinai Formation in Latvia" is focused on the geological structure, texture and microstructures observed in thin-sections of dolomites in the Stipinai Formation and their correlation with physical and mechanical properties. The results of the study suggests that the abrasion resistance is strongly linked with the shape, structure, size, and boundaries of dolomite crystals. These properties are also related to the formation, dolomitization, recrystallization and dissolution of dolomites. The dolomites of the Stipinai Formation has a high positive correlation among the values of the Los Angeles and the Micro-Deval coefficients.

Key words: carbonate deposits, Frasnian, thin-section, Los Angeles test, Micro-Deval test; abrasion resistance.

SATURS

ANOTĀCIJA.....	2
ANNOTATION.....	3
IEVADS	6
1. LATVIJAS DEVONA DOLOMĪTI UN TO IZPLATĪBA.....	8
2. STIPINU SVĪTAS DOLOMĪTI.....	12
3. DOLOMĪTA VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI UN PROBLĒMAS.....	15
4. LATVIJAS DOLOMĪTU KVALITĀTE UN IZMANTOŠANA	17
5. PĒTĪJUMU OBJEKTU VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS.....	22
6. MATERIĀLI UN METODEDES	27
6.1. Lauka pētījumu metodes.....	27
6.2. Laboratorijas pētījumu metodes.....	27
6.2.1. Plānslīpējumu izgatavošana un analīze.....	27
6.2.2. Losandželosas tests	31
6.2.3. Mikro-Devala tests.....	33
7. REZULTĀTI.....	36
7.1. Iecavas dolomīta atradne.....	36
7.2. Petrašūnu dolomīta atradne.....	43
7.3. Jumpravas dolomītu atsegums	47
7.4. Losandželosas un Mikro-Devala testu rezultāti.....	50
8. DISKUSIJA.....	52
9. SECINĀJUMI	56
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI.....	58

DARBĀ LIETOTIE SAĪSINĀJUMI

LVĢMC - Valsts sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs"

LU – Latvijas Universitāte

LU ĢZZF – Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte

IEVADS

Interese par Latvijas devona nogulumiežiem autorei radusies jau bakalaura studiju laikā, rakstot kursa darbu par Daugavas svītas dolomitizētajiem kaļķakmeņiem – pamatiežu ģeoloģijas jomā. Maģistra darba tēma “Devona Stipinu svītas dolomītu slāņkopas uzbūve un fizikāli mehāniskās īpašības Latvijā”, izvēlēta, autores interesēm pieaugot par lietišķās ģeoloģijas apakšnozari, veidojot sava veida divu ģeoloģijas apakšnozaru apvienojumu.

Dolomīts ir viens no nozīmīgākajiem mehāniski izturīgajiem derīgajiem izrakteņiem Latvijā. Ģeoloģiskajā griezumā tas ir dominējošais ieža tips augšdevona Pļaviņu, Daugavas un Stipinu svītas nogulumus. Maģistra darbā aprakstītie Stipinu svītas dolomīti zemkvartāra virsmā izplatīti šaurā, līdz 16 km, lokveida joslā Latvijas dienvidrietumu daļā, tādēļ pētījumam izvēlēti tādi objekti, lai pēc iespējas plašāk aptvertu minētās svītas izplatības areālu.

Stipinu svītas dolomīti jau agrāk ir izraisījuši plašu ģeologu interesi, sevišķi, pētot Iecavas dolomītu atradni, kurā sastopams dekoratīvs dolomīts sārtā un pelēcīgi violetā krāsā, apsverot tā ieguvi apdares materiāla ražošanai. Tomēr maz ir pēdējo gadu pētījumu par to fizikāli mehāniskajām īpašībām, īpaši to saistību ar dolomīta mineraloģiski petrogrāfisko raksturojumu, kas pamato maģistra darba aktualitāti.

Maģistra darba **mērķis** ir raksturot Stipinu svītas dolomītu uzbūvi ģeoloģiskajā griezumā, struktūru un mikrotekstūru pieslīpņos un plānslīpējumos, dolomītu fizikāli mehāniskās īpašības, kā arī noskaidrot šo īpašību kopsakarības.

Mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi darba **uzdevumi**:

- analizēt agrākajos gados veikto pētījumu rezultātus;
- veikt atsegumu dokumentāciju, raksturot slāņkopas uzbūvi;
- sniegt dolomīta mineraloģiski petrogrāfisku raksturojumu, pamatojoties uz pētījumiem pieslīpņos un plānslīpējumos;
- veikt Losandželosas un Mikro-Devala testus dolomīta fizikāli mehānisko īpašību raksturošanai;
- izdarīt secinājumus par iežu fizikāli mehānisko īpašību saistību ar mineraloģiskajām īpatnībām.

Lauka pētījumu ietvaros tika apmeklēta Iecavas dolomītu atradne, Jumpravas dolomīta atsegums un Lietuvas teritorijā esošā Petrašūnu dolomīta atradne, kurā sastopami vieni no mehāniski izturīgākajiem dolomītiem Baltijā. Katrā objektā tika aprakstīta atseguma siena, sastādīts ģeoloģiskais griezumā un kopumā ievākti 26 paraugi tālākiem pētījumiem laboratorijā. Laboratorijas darbu ietvaros tika izgatavoti 15 plānslīpējumi un 7 paraugiem veikti divi dažādi testi – Losandželosas un Mikro-Devala, lai raksturotu ieža mehānisko izturību

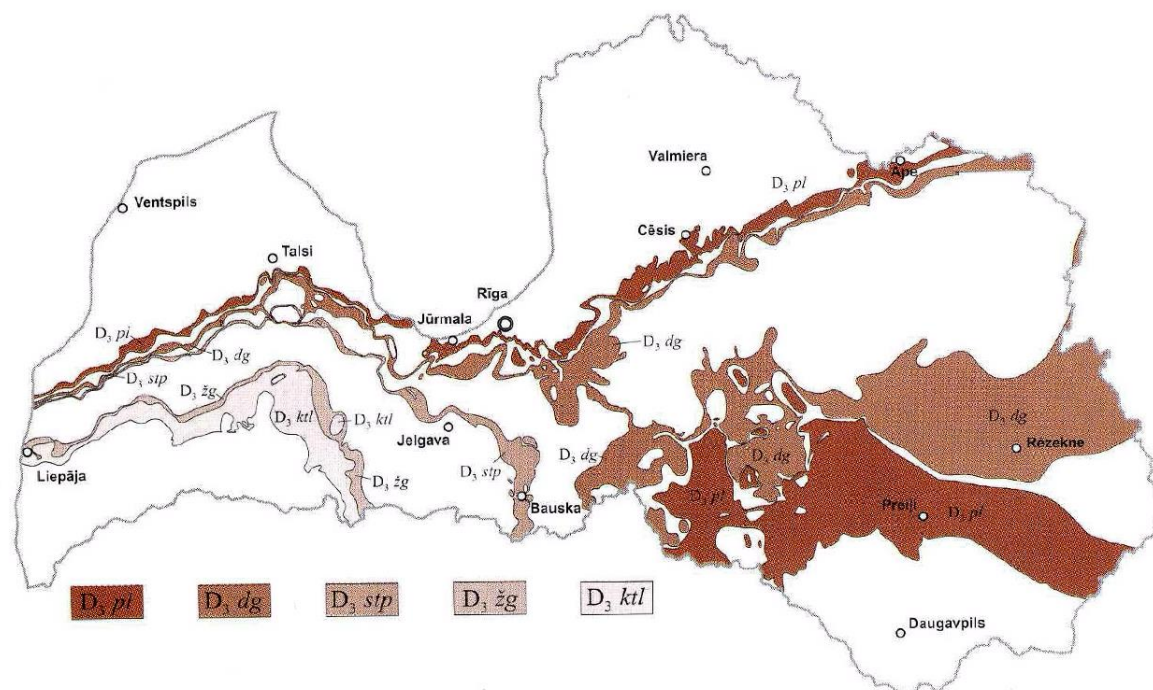
(nodilumizturību). Visi laboratorijas darbi veikti LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Iežu pētījumu laboratorijā, kas atrodas LU Dabaszinātņu akadēmiskajā centrā.

Maģistra darbā ir 9 nodaļas, kurās iekļauts literatūras apskats, darbā izmantotās lauka darbu un laboratorijas metodes, kā arī to rezultāti, diskusija un secinājumi. Darbs satur 60 lapaspuses, 24 attēlus un 5 tabulas.

1. LATVIJAS DEVONA DOLOMĪTI UN TO IZPLATĪBA

Dolomīts ir viens no izplatītākajiem un mehāniski izturīgākajiem nogulumiežiem Latvijā, un aptuveni 40 procentos no teritorijas (lielākoties upju krastos – Daugavas, Aiviekstes, Pērses, Ogres, Gaujas, Lielupes, Iecavas, Ventas, Amulas u.c.) tas ieguļ tieši zem kvartāra nogulumiem (1.1. att.).

Latvijas devona dolomīti ir veidojušies plašas un seklas jūras rietumu daļā. Šī jūra aizņēma Austrumeiropas platformas centrālos un austrumu reģionus, bet tagadējā Baltijas jūras teritorijā atradās līcim līdzīga norobežota šīs jūras daļa. Latvijas centrālajā un austrumu daļā un Lietuvas ziemeļu un vidusdaļā fosilijas saturošie Pļaviņu un Daugavas svītas karbonātieži ir pilnībā dolomitizēti, bet Latvijas ziemeļaustrumos un tālāk uz austrumiem Krievijas teritorijā ir saglabājušies līdzīgas uzbūves kaļķakmeņi. Jāuzsver, ka sākotnēji (primāri) dolomīti ir maz iespējami un Latvijas devona dolomīti veidojušies kalcija karbonātu nogulu, kā arī jau izveidojušos cietu kaļķakmeņu ķīmiskas aizvietošanās reakcijās. Latvijas rietumos un Lietuvā dominē mālaini dolomīti, dolomītmerģeļi un māli, kā arī sastopamas ģipša lēcas un slāņi (Stinkule, Stinkulis, 2015).



1.1. attēls. Dolomīta izplatība zemkvartāra virsmā (Kondratjeva, Hodireva, 2000). Apzīmējumi: D₃pl – Pļaviņu svīta, D₃dg – Daugavas svīta, D₃stp – Stipinu svīta, D₃žg – Žagares svīta, D₃ktl – Ketleru svīta

Stipinu svītas karbonātiežu izplatības likumsakarības gan atšķiras no iepriekšminētajām, jo kaļķakmeņi un dolomitizēti kaļķakmeņi ir sastopami svītas izplatības laukuma dienvidu daļā

– Lietuvas teritorijā. Tas ir saistīts ar Stipinu laikposma baseina savienojumu ar atklātu jūru, kas vistīcamāk bija dienvidu-dienvidrietumu virzienā, atšķirībā no Pļaviņu un Daugavas laikposma baseina savienojumu ar atklātu jūru austrumos (Brangulis u.c., 1998).

Visvecākie (1.2. att.) no Latvijā sastopamajiem un izmantojamiem dolomītiem pieder **Pļaviņu svītai**, kura savu nosaukumu ieguvusi 1951.gadā no Pļaviņu pilsētas, kur atrodas tās tipisks griezumus. Svītu veido galvenokārt dolomīti un dolomītmerģeļi ar nelielām mālu starpkārtām. Tā atsedzas zemkvartāra virsā 1-10 km platas joslas veidā, kura šķērso visu Latvijas teritoriju un turpinās Baltijas jūras akvatorijā (Stinkule, Stinkulis, 2015). Centrālajā un Austrumlatvijā svīta zemkvartāra virsā veido neregulāru, 10-40 km platu joslu (Brangulis u.c., 1998).

Lielākajā Latvijā daļā Pļaviņu svītas iežus sedz jaunāki devona nogulumi, bet tikai 1-10 km platā joslā pie sava izplatības laukuma ziemeļrietumu robežas tie iegūļ tieši zem irdenajiem kvartāra nogulumiem. Vietās, kur Pļaviņu svītas dolomīti iegūļ ieguvei piemērotā dziļumā, ir pētītas vairākas krājumiem bagātas atradnes: Dārziems, Ape II, Dzeņi, Līvāni, Brūveri u.c. (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

Daugavas svītu pirmo reizi nodalīja 1861. gadā K. Grevings, kas aprakstīja, ka Daugavas rajonā ir pārsvarā dolomīti. 1863. F. Rozens aprakstīja ķīmiskā sastāva atšķirības Daugavas un Veļikajas fācijās. Svītas nogulumi ir mazāk izplatīti kā Pļaviņu, bet Daugavas dolomīti biežāk iegūļ tieši zem kvartāra nogulumiem, un tie ir visvairāk izmantotie dolomītu slāņi Latvijā (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

Daugavas svītas nogulumi ir veidojušies plašas devona jūras transgresijas laikā un tie ir dolomīti un dolomītmerģeļi. Dolomītmerģeļu vairāk ir griezumā apakšējā daļā nelielā biezumā (<1 m) un vidusdaļā. Svīta iedalīta trīs ridās – Oliņkalna, Selgu un Kranciema. Apakšējā, Oliņkalna rida sastāv no dolomītiem ar dolomītmerģeļu starpslāņiem. Vidējā, Selgu rida ir mālaināka, un tajā mijas dolomītmerģeļi, māli un dolomīti. Tieši augstā mālu satura dēļ Selgu rida nav noderīga rūpnieciskajā izmantošanā (Hodireva, 1997). Augšējā - Kranciema ridu - veido kavernozi kvarcītveida dolomīti vai smilšakmeņveida dolomīti, bet Latvijas ziemeļrietumu daļā smilšakmeņi ar kalcītu, dzelzi vai dolomīta cementu (Brangulis u.c., 1998; Stinkule, Stinkulis 2015).

Daugavas svītas nogulumu biezums ir visai svārstīgs. Parasti tas ir 8-20 m, bet var sasniegt arī 40 m biezumu. Biezākie dolomīta slāņi sastopami Latvijā austrumos, kur atrodas tādas atradnes kā Pēternieki, Salenieki un Degļeva. Nedaudz mazāka biezuma derīgo slāņi domomīti veido Biržu, Kalnciema, Turkalnes, Kranciema u.c. atradnes (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

NODALĀ	BIOSTRATIGRĀFISKĀS VIENĪBAS				Reģionālie stāvi	LITOSTRATIGRĀFISKĀS VIENĪBAS			
	KONODONTU BIOZONAS	AGNATHA BIOZONAS	BRUNUZIVJU BIOZONAS	AKANTOŽU BIOZONAS		R LATVIJA	Z. A. C LATVIJA		
AUGŠĒJĀ	FAMENAS	<i>praesulcata</i>				ŠĶERVEĻA	ŠĶERVEĻA Sv		
		<i>expansa</i>		<i>B. ciecare</i>		KETLERU	KETLERU Sv		
		<i>postera</i>				PIEMARES	ŽAGARES Sv SNIKERES Sv		
		<i>trachytera</i>				SPĀRNNENES	TĒRVETES Sv MŪRU Sv		
		<i>marginifera</i>		<i>Bothriolepis ornata</i> <i>Phyllolepis</i>		AKMENES	AKMENES Sv		
		<i>rhomboidea</i>				KURSAS	KURSAS Sv		
		<i>crepida</i>				JONIŠĶU	JONIŠĶU Sv		
	FRANAS	<i>triangularis</i>				SAULU KRŪOJAS	ELEJAS Sv		
		<i>linguiformis</i>				AMULAS	AMULAS Sv		
		<i>rhenana</i>	<i>Psammosteus falcatus</i>	<i>Bothriolepis maxima</i>		STIPIŅU	STIPIŅU Sv		
		<i>jamieae</i>	<i>Psammosteus megalopteryx</i>	<i>Bothriolepis traudscholdi</i>		PAMUŠU	OGRES Sv		
		<i>hassi</i>				KATLEŠU	KATLEŠU Sv		
		<i>punctata</i>		<i>Bothriolepis cellulosa</i>		DAUGAVAS	DAUGAVAS Sv		
		<i>transitans</i>		<i>B. prima-B. obrutschewi</i>	<i>Devononchus concinnus</i>	DUBNIKA	SALASPILS Sv DUBNIKA Sv		
<i>falsiovalis</i>		<i>Psammolepis paradoxa</i>	<i>Asterolepis orbata</i>		PĻAVIŅU	PĻAVIŅU Sv			
<i>disparilis</i>		<i>Psammolepis abavica</i>	<i>Watsonosteus</i>		AMATAS	AMATAS Sv			
<i>hermanni-cristatus</i>		<i>Pycnosteus tuberculatus</i>	<i>Asterolepis dellei</i>	<i>Diplacanthus gravis</i>	GAUJAS	GAUJAS Sv LODES Sv SIETIŅU Sv			
VIDEJĀ	ŽIVETAS	<i>varcus</i>	<i>Pycnosteus pauli</i>			BURTNIĒKU	BURTNIĒKU Sv		
		<i>hemiansatus</i>	<i>P. palaeiformis</i>			ARUKILAS	ARUKILAS Sv		
		<i>ensensis</i>	<i>Sch. striatus</i>	<i>Cocosteus cuspidatus</i>	<i>N. kernavensis</i>	NARVAS	NARVAS Sv		
		<i>effilus</i>			<i>Ptychodictyon rimosum</i>				
		<i>kokkeltanus australis</i>			<i>Ch. estonicus</i>				
	<i>costatus</i>				PĒRNAVAS	PĒRNAVAS Sv RĒZEKNES Sv			
	<i>partitus</i>	<i>Schizosteus heterolepis</i>		<i>Laliacanthus singularis</i>					
	APAKŠĒJĀ	EMSAS	<i>patulus</i>	<i>Skamolepis fragilis</i>			ĶEMERU	ĶEMERU Sv	
			<i>serotinus</i>						
			<i>inversus</i>						
<i>nothoperbonus</i>									
<i>gronbergi</i>					<i>G. tauragensis</i>				
PRĀGAS		<i>dehiscens</i>				STONIŠĶU			TILŽES
		<i>pireneae</i>							
		<i>kindlei</i>							
		<i>sulcatus</i>							
		<i>pesavis</i>	<i>Phialaspis</i>		<i>Lietuvacanthus fossulatus</i>				
LOHKOVAS				<i>Nostolepis minima</i>		GARGŽDU SERIJA			

1.2. attēls. Devona stratigrāfiskā shēma Baltijas valstu teritorijai (Lukševičs et al., 2012; pamatojoties uz Kurik, Pöldvere, 2012 Igaunijai, Stinkulis, 2004 ar E. Lukševiča papildinājumiem Latvijai, Narbutas, 2004 Lietuvai)

Ogres svītas nogulumi ir izplatīti gandrīz visā Latvijas teritorijā, izņemot ziemeļu un dienvidaustrumu reģionus. Tās biezums mainās no 15 līdz 18 m Latvijas rietumu daļā līdz 50 m austrumos. Svītas veidošanās laikā ūdens pieplūda galvenokārt no Polijas-Vācijas baseina, no dienvidiem un dienvidrietumiem. Šajā svītā gandrīz nav izplatīti tīri dolomīti, taču to veido ieži ar būtisku dolomīta piejaukumu - smalkgraudaini smilšakmeņi, dolomītsmilšakmeņi, smilšani dolomīti, māli un dolomītmerģeļi. Ogres svīta izceļas ar savdabīgo dolomītsmilšakmeni (smilšakmens ar bagātīgu dolomīta cementu, kas vietām pāriet dolomītā) savulaik nelielos daudzumos izmantots kā būvakmens un apdares materiāls. Tas izmantots arī Mākslas akadēmijas kolonnu būvniecībā (Stinkule, Stinkulis, 2013, 2015).

Liela praktiskā nozīme Latvijā un arī Lietuvā ir **Stipinu svītas** dolomītiem, kas tiek apskatīti nākamajā šī darba nodaļā.

Zināma praktiska nozīme ir arī dažu Famenas stāva svītu nogulumiem Latvijas dienvidaustrumu daļā, tomēr to lielā dziļuma dēļ ar tiem saistītu atradņu ir maz. Liepājas apkārtnē nelielā dziļumā sastopami tumši pelēki **Žagares svītas** dolomīti, kuri veido Kapsēdes atradni un Saldus apkaimē ir plāns **Ketleru svītas** dolomītu slānis, kas veido Airītes atradni (Stinkule, Stinkulis, 2013; Kondratjeva, Hodireva, 2000).

2. STIPINU SVĪTAS DOLOMĪTI

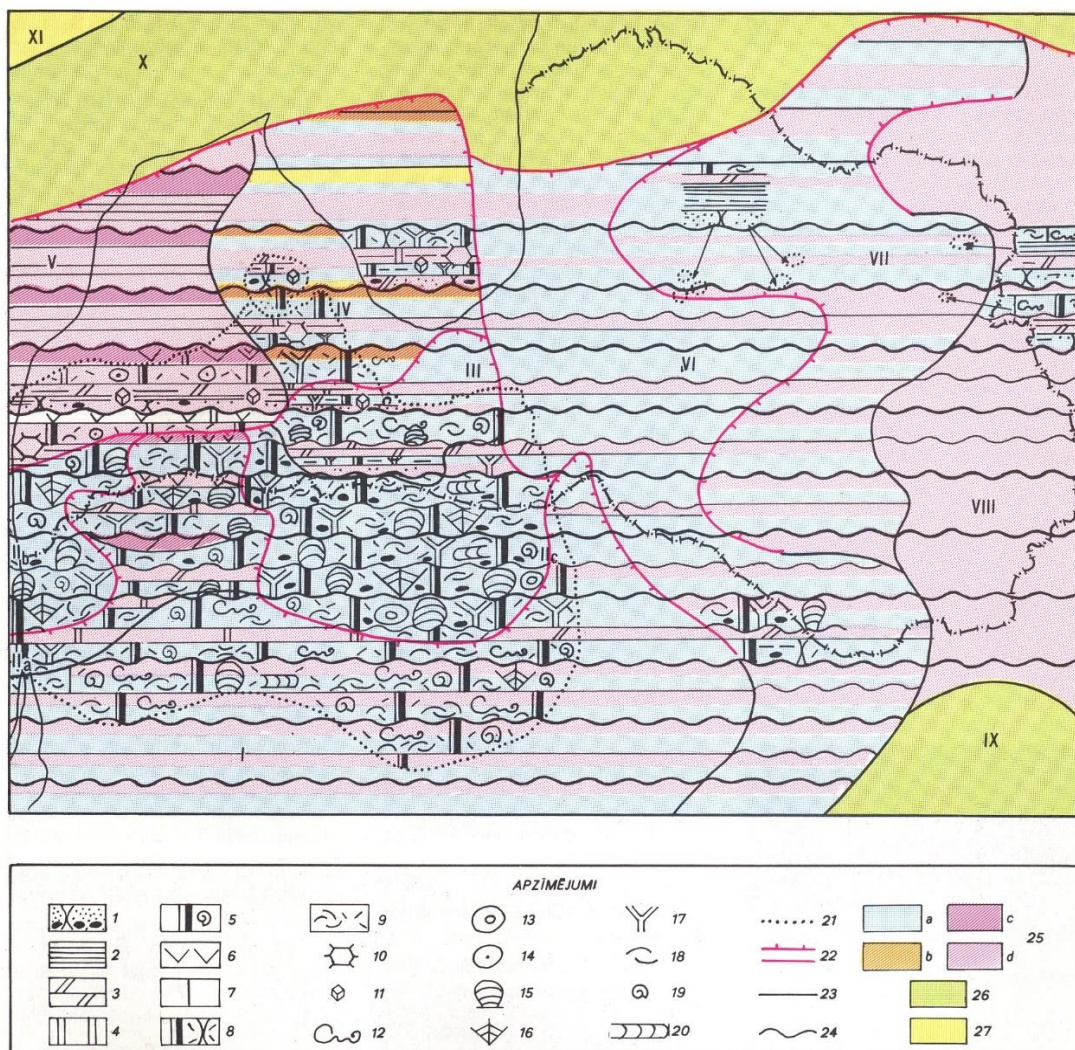
Stipinu (agrāk Bauskas) svītu, kas pēc ģeoloģiskā vecuma pārstāv devona sistēmas Franas stāvu (1.2. att.), kā patstāvīgu stratigrāfisko vienību pirmais ieviesa N. Delle, apzīmējot to ar indeksu D_{3f1} (Delle, 1935). Latvijā šīs svītas nogulumi pārsvarā izplatīti rietumu daļā, bet Latvijas austrumu daļā tie saglabājušies kā salveida palikšņi (2.1. att.) (Stinkule, Stinkulis, 2015). Stipinu (*Stipinai*) svītas stratotips atrodas Lietuvā Mūšas upes ielejā netālu no Stipinai ciema Pakrojis apvidū (Paškevičius, 1997), un šīs svītas nogulumi Lietuvā ir plaši izplatīti.

Stipinu svītas nogulumu veidošanās laikā notika jūras transgresija - jūras lielākā, dziļākā daļa vairs neatradās austrumos, kā tas bija Pļaviņu un Daugavas laikā, bet dienvidos no mūsdienu Latvijas teritorijas. Stipinu svītā, it sevišķi tās augšdaļā, Lietuvas un Dienvidlatvijas karbonātais jūras nogulumos ir samērā daudzveidīgas bezmugurkaulnieku atliekas - slēdzeņu brahiopodi, gliemeži u.c. Mālaini un smilšaini karbonātais nogulumos, kuri veidojās tuvāk krastam, organismu komplekss ir nabadzīgāks, un to pārstāv tikai pret sāļuma izmaiņām izturīgākie (eirihalīnie) organismi - ostrakodi, lingulīdi un zivis. Bagātīgo un daudzveidīgo jūras organismu klātbūtne liecina par gandrīz normālu jūras sāļumu (Stinkule, Stinkulis, 2015; Stinkulis, 1998).

Jūras centrālajā daļā klastiskais materiāls pieplūda minimāli un sāļums bija tuvs normālam, līdz ar to nogulumos dominē karbonātu sedimentācija. Latvijas teritorijā vistuvāk atklātai jūrai atradās Kurzemes dienvidu daļa, kur dominē dolomīti ar samērā bagātīgu organismu kompleksu, griezumi ir vispilnīgākie un ar maksimālo biezumu - 18 m. Krasta virzienā 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 bija jūtama viļņu un straumju darbība. Uz dienvidiem no līnijas Kabile-Saldus-Zebrene, kā arī uz ziemeļiem no līnijas Liepāja-Krote-Kuldīga sastop ģipša starpkārtiņas un lēcas (Биргер и др., 1979). Kā to atzīmējis V. Sorokins (Сорокин, 1981), Stipinu jūras transgresija attīstījās pulsāciju veidā un, domājams, savu maksimumu sasniedza Bauskas laikposmā, kad marīnas karbonātais nogulas ar organismu atliekām veidojās visā Latvijas teritorijā līdz pat Veļikajas upes baseinam. Pēc tam gan denudācijas rezultātā Centrālajā un Austrumlatvijā šie nogulumi tika lielā mērā izskaloti, un līdz mūsdienām ir saglabājušies tikai atsevišķu "salu" veidā - lielākoties Latvijas vidusdaļā (Stinkulis, 1998; Stinkule, Stinkulis 2015; Brangulis u.c., 1998).

Svītu iedala divās ridās: **Imulas (apakšējā)** rida un **Bauskas (augšējā)** rida. Imulas rida sastāv no kavernoziem, smilšainiem un ar fosilijām bagātiem dolomītiem, mālainiem dolomītiem, dolomītmerģeļiem, kā arī retām mālu starpkārtām. Abavas baseinā Imulas ridas

apakšējā daļā sastopams arī smilšakmens starpslānis ar kvarca oļiem, noapaļotiem nogulumiežiem un fosforīta konkrēcijām. Abavas upes baseinā Imulas ridas apakšdaļas biezums svārstās no 1,8 līdz 7,5 m, bet augšējā daļa ir no 1,5 līdz 4,5 m bieza, un to veido kamīnsarkani aleirolīti, zilgas nokrāsas dolomītmerģeļi, smilšakmeņi ar tārpu ejām, lingulīdiem un bezmurgurkaulnieku atliekām. Virzienā uz Latvijas dienvidiem pieaug nogulumu karbonātiskums (tajā skaitā dolomītu apjoms) un parādās arī ģipša slāņi (Paškevičius, 1997).



2.1. attēls. Stipinu laikposma paleoģeogrāfiskā un litoloģiski faciālo zonu karte (Sorokins, 1998).
 Apzīmējumi: 1 – konglomerāti, gravelīti, smilšakmeņi; 2 – māli; 3 – dolomītmerģeļi; 4 – dolomīti; 5 – metasomatiskie dolomīti, gliemeždolomīti; 6 – ģipšakmeņi; 7 – kaļķakmeņi; 8 – dolomitizēts kalkarenīts; 9 – organismu detrits; 10 – žūšanas plaisas; 11 – halīta gliptomorfozes; 12 – tārpu ejas; 13 – onkolīti; 14 – mikroonkolīti; 15 – stromatoporas; 16 – četrstaru koraļļi; 17 – sūneņi; 18 – brahiopodi; 19 – gliemeži; 20 – nautiloīdi; 21 – Stipinu svītas nogulumu izplatības robežas mūsdienās; 22 – lūzumzonas; 23 – litoloģiski faciālo zonu robežas; 24 – diskordanta sagulumu robežas; 25 – jūras ūdens sāļums (a – normāls, b – mēreni samazināts, c – mēreni palielināts, d – stipri palielināts); 26 – aluviālie līdzenumi; 27 – piekrastes līdzenumi.

Bauskas ridu, kas atbilst baseina maksimālajai transgresijai, pārsvarā veido dolomīti ar retām dolomītmerģeļu starpkārtām, kuru mālainība pieaug virzienā uz ziemeļiem (Kondratjeva, Hodireva, 2000). Ridas apakšējo robežu iezīmē smilšainu dolomītu un domerītmerģeļu slāņkopa ar ihnofaunas, brahiopodu un lingulīdu atliekām. Ļoti raksturīga Stipinu svītā ir brahiopoda *Theodosia semgalensis* klātbūtne. Bauskas ridas augšējā slāņa biezums variē no 1,8 līdz 12 m (Paškevičius, 1997). Ridas augšējo daļu pārstāv plankumaini dolomīti ar lielām racējorganismu ejām. Bauskas un Iecavas apkārtnē ridas augšējo daļu veido rozīgs marmorveidīgs dolomīts ar brekčijveida tekstūru un bagātīgi zarotiem vertikāliem “kanāliem”, kas, iespējams, ir sūneņu veidojumi (Ābolts, 2005).

Stipinu svītas kopējais biezums mainās no 3 līdz 18 m, bet dolomītiskās daļas biezums nepārsniedz 6-8 m. Svītas nogulumi atsedzas Lielupes, Mūsas, Mēmeles, Iecavas, Abavas, Imulas un Amulas ielejās, un visseklāk tā ieguļ Bauskas un Iecavas apkārtnē, kur atrodas arī vairākas dolomīta atradnes – Iecava (Akmencūciņas), Gulbji, Purmales, Purmaļi, Misēni. To iegūst arī Petrašūnu, Klovaiņu un Krivaiču atradnēs Lietuvas teritorijā (Stinkule, Stinkulis 2015; Kondratjeva, Hodireva, 2000).

3. DOLOMĪTA VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI UN PROBLĒMAS

Lai gan dolomīti ir vieni no izplatītākajiem nogulumiežiem Zemes garozā, to ģenēze joprojām ir neskaidra. Ir zināmi vairāki iespējamie dolomīta veidošanas modeļi, tomēr neviens no tiem nav universāls, plaši pielietojams, bez tam joprojām nav izdevies sintezēt stehiometrisku dolomītu laboratorijas apstākļos normālas temperatūras ($\sim 25^{\circ}\text{C}$) un spiediena (~ 1 atm) apstākļos. Ģeokīmiķis un ģeologs L. Lands (L.S. Land) veicis vairākus eksperimentus, lai sintezētu dolomītu ar pareizas formas kristāliem 32 gadu garumā bez rezultāta (Boggs, 2009). Lai gan agrīnu dolomītu kristālu augšana ir novērota vairākās vietās pasaulē: Krievijā, Dienvidaustrālijā, Persijas līcī, Bahamu salu apvidū, Kanāriju salu apvidū, Kalifornijā (*Deep Springs lake*) un Minesotā (*Elk lake*), taču visos gadījumos par kristalizācijas centriem tur ir kalpojis kalcīts ar paaugstinātu magnija saturu (Kuršs, Stinkule, 1997; Boggs, 2009). Visas neskaidrības par dolomītu ģenēzi un pēcsedimentācijas apstākļiem tiek sauktas par „*dolomīta problēmu*”.

Dolomīti pārsvarā izplatīti seklūdens marīnos nogulumos, tādēļ šķiet loģiski, ka jūras ūdenim bijusi zināma loma to izveides procesā, tomēr dolomīta veidošanās tieši no jūras ūdens mūsdienās nav konstatēta. Jūras ūdens ir pārsātināts attiecībā pret kalcītu, magnija kalcītu un aragonītu, kas veido dažāda dziļuma jūrām un okeāniem raksturīgos karbonātiskos nogulumus. Tomēr jūras ūdens arī attiecībā pret dolomītu ir pārsātinātā stāvoklī un turklāt vēl lielākā mērā nekā attiecībā uz kalcītu, un to nosaka $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ molārā attiecība jūras ūdenī 5,2:1, kas ir labvēlīgāka Ca/Mg karbonāta veidošanās procesam. Situāciju, ka no jūras ūdens dolomīts neveidojas, skaidro ar to, ka šim procesam galvenokārt traucē kinētiskas barjeras: 1) karbonāta ātrā sedimentācija no pārsātināta, koncentrēta šķīduma kavē kalcija un magnija nodalīšanos slāņos, kuri ir raksturīgi dolomīta kristālrežģim, līdz ar to drīzāk veidojas kalcija karbonāti; 2) Mg^{2+} jons jūras ūdenī hidratējas lielākā mērā nekā Ca^{2+} , kas traucē tā savienošanos ar CO_3^{2-} un izsauc ar kalciju bagātu savienojumu veidošanos; 3) Mg^{2+} jons ūdenī veido saiti ar SO_4^{2-} jonu, tādēļ magnijs ir pieejams karbonātu minerālu izveidei ierobežotā apjomā (Stinkule, Stinkulis, 2015).

Pēdējos gados tiek uzsvērtā baktēriju loma dolomīta veidošanās procesā (Vasconcelos, McKenzie, 1997), tomēr literatūrā tiek apskatīti vēl vismaz pieci dažādi dolomītu veidošanās modeļi. Kā viens no tiem minēts sebhas (evaporītu) modelis. Sebha (*sabkha*) ir plaša un līdzena piejūras zemiene, kas sastopama arī daudzos klimata reģionos, piemēram, Persijas līcī, un tajās plūdmaiņu (arī vētru), jūras ūdens pieplūdes un žūšanas procesu rezultātā veidojas evaporīti un karbonātu minerāli. Pēc šī modeļa dolomīts veidojas arī daudzos klimatos seklu jūru litorālajā un superlitorālajā zonā, kā arī lagūnās un ezeros ar paaugstinātu sāļumu. Caurisūkšanās-atplūdu

dolomitizācijas modelī dolomitizējošie fluīdi ir lagūnas ūdeņi vai litorālā līdzenuma poru ūdeņi, kas iztvaikojot un pēc tam izgulsnējot ģipsi vai anhidrītu, paaugstina ūdenī Mg/Ca attiecību, samazina tajā sulfāta saturu un filtrējas zemāk iegulošajos karbonātos nogulumos. 20. gadsimta beigās plašu atzinību ieguva jaukto atmosfēras un jūras ūdeņu dolomitizācijas modelis, pēc kura dolomīts veidojas kontinentālo gruntsūdeņu un jūras ūdeņu sajaukšanās zonā, tomēr saistībā ar neprecizitātēm mehānisma pamatojumā, šis modelis tiek reti lietots. Dolomitizācija slāņkopu iegrimšanas rezultātā uzskatīts par visai iedarbīgu modeli. Tā pamatā ir šelfa dziļākās daļas mālaino nogulumu dehidratācija un minerālā sastāva izmaiņas to noblīvšanās rezultātā, kam seko ar magniju bagātinātu fluīdu ieplūšana blakus esošajos karbonātos nogulumos. Dolomitizācija no jūras ūdens ir plaši aprakstīts process un atšķirībā no pārējiem modeļiem, šim nav nepieciešams kāds “īpašs” (piesātināts vai modificēts) ūdens, bet dolomitizācija notiek, normālam jūras ūdenim lielā daudzumā filtrējoties cauri nogulumiem, piemēram, tā blīvuma paaugstināšanās iespējama, kļūstot smagākam. Visbeidzot, mūsdienās aktuālākais dolomitizācijas modelis ir dolomītu veidošanās mikroorganismu ietekmē, kur svarīgs nosacījums ir pietiekoši liela un patstāvīga SO_4^{2-} piegāde, kas citos modeļos tiek atzīta par dolomīta ģenēzei traucējošu faktoru. Šis ir arī vienīgais dolomīta veidošanās process, ko izdodas realizēt laboratorijā Zemes virsmai atbilstošās temperatūrās (Vasconcelos, McKenzie, 1997; Stinkule, Stinkulis, 2015).

Latvijas devona dolomītos Pļaviņu un Daugavas reģionālajos stāvos uz austrumiem, bet Stipīnu reģionālajā stāvā un Famenas stāvā – uz dienvidrietumiem no Latvijas – dolomītus nomaina organismiem bagāti kaļķakmeņi. Viena vecuma kaļķakmeņos un dolomītos konstatētas daudzas organismu grupas un citas līdzības, kas norāda uz līdzīgiem to veidošanās apstākļiem (Сорокин, 1978). Tādējādi šo iežu dolomitizācija nav tieši saistīta ar sākotnējiem šo iežu veidošanās apstākļiem. Latvijas devona dolomītu veidošanos, iespējams, var izskaidrot ar caursūkšanās-atplūdu un jūras ūdens dolomitizācijas modeļu palīdzību, ko iespējams ietekmējusi arī mikroorganismu darbība (Stinkule, Stinkulis, 2015).

4. LATVIJAS DOLOMĪTU KVALITĀTE UN IZMANTOŠANA

Dolomītu izmantošana Latvijā aizsākusies jau sen. Saglabājušās liecības par tā izmantošanu jau trešajā un ceturtajā gadsimtā Daugmales pilskalna nostiprināšanai (Stinkule, Stinkulis, 2015), tāpat viduslaikos tas izmantots baznīcu un piļu būvniecībā Rīgā, Koknesē, Cēsīs, Turaidā u.c. Mūsdienās dolomīta izmantošanas mērķis ir būtiski izmainījies, to galvenokārt iegūst šķembu ražošanai, līdz ar to jaunu atradņu izpētē lielāka uzmanība tiek pievērsta fizikāli mehāniskajām īpašībām, mazāk – to ķīmiskajam sastāvam.

Dolomīti atšķiras ne tikai pēc izcelsmes, sastāva, struktūras un tekstūras, bet arī pēc savām fizikālajām īpašībām un citām īpašībām – blīvuma, tilpummasas, porainības, uzsūces spējām, mehāniskās izturības, salturības u.c. Dolomīta īpašības, kas būtiski ietekmē to kvalitāti, iedala (Stinkule, Stinkulis 2015) trīs grupās: 1) **fizikālās īpašības** - tilpummasa, porainība, ūdensuzsūce, dabīgais mitrums, plaisainība un dabīgā radioaktivitāte (Kondratjeva, Hodireva, 2000); 2) īpašības, kas raksturo **ārējo faktoru iespaidu** uz iezi – ūdens absorbcija, salizturība, atmiekšķēšanās, izturība pret atmosfēras iedarbību; 3) **mehāniskās īpašības** – spiedes pretestība, nodilumpretestība, triecienpretestība. Tāpat var nodalīt (Kondratjeva, Hodireva, 2000) arī tehnoloģiskās īpašības, kuras raksturo gatavo produkciju un ir atkarīgas gan no dabiskajiem faktoriem, gan apstrādes tehnoloģijas: šķembu izmērs, forma, putekļu un māla daļiņu, mehāniski neizturīgo un dēdējošo graudu daudzums u.c. Fizikāli mehānisko īpašību kopā ietilpst arī dati par neizturīgo iežu paveidu saturu un ieža plaisainību, kuru visbiežāk raksturo ar vidējo attālumu starp plaisām (Stinkule, Stinkulis, 2015).

Dolomīta mehānisko izturību var raksturot ar vairākiem rādītājiem. Viens no tiem ir **spiedes pretestība**, ko nosaka, no ieža izzāģētus kubus vai cilindrus sausā vai ar ūdeni piesūcinātā stāvoklī pakļaujot spiedes spēka iedarbībai. Šo metodi regulē LVS EN 13286-41 standarts. Tāpat izturību var raksturot ar **drupināmību** (masas zudumu), šķembas sausā vai ar ūdeni piesūcinātā stāvoklī saspiežot cilindrā ar noteiktu statisku slodzi. Pēc šiem datiem nosaka ieža stiprības marķu, kas ir viens no galvenajiem kritērijiem būvakmeņiem un betona pildmateriāliem. Autoceļu būvē izmantotajiem dolomītiem svarīgs kvalitātes rādītājs ir **drupināšanas pretestība dinamiskā slodzē**, kā arī **nodilumpretestība**, toties dzelzceļu balasta materiāliem svarīgs rādītājs ir **triecienizturība**. Latvijā salīdzinoši nesēn, bet pasaulē jau kopš 20. gadsimta 30. gadiem tiek izmantots Losandželosas testu (*Los Angeles test*), kas raksturo materiāla pretestību pret drupināšanu un berzi, kā arī Mikro-Devala testu (*Micro-Deval test*), kas pēc būtības ir līdzīgs, tikai to veic ar ūdeni piesūcinātiem mazāka izmēra paraugiem. Pasaulē bieži tiek izmantots arī Nordiskais tests (*Nordic test*) jeb Ziemeļvalstu tests, kas izveidots Skandināvijas valstīs saistībā ar radžu izmantošanu ziemas sezonā uz ceļiem.

Nordiskais tests Latvijā iekļauts LVS EN 1097-9:2014 standartā (Stinkule, Stinkulis, 2015; Erichsen et al., 2011).

Salturība, kas agrāk (LVS EN 1367-1) raksturota ar sasaldēšanas-atkausēšanas ciklu skaitu, ko iezis iztur ar masas zudumu 5-10% robežās, pēdējā laikā tiek aizstāta ar **magnija sulfāta testu**, ko veic, šķembu paraugu vairākas reizes (parasti piecas) atkārtoti piesūcinot ar $MgSO_4$ šķīdumu un izžāvējot, tādejādi magnija sulfāts kristalizējoties palielina tilpumu un izraisa materiāla sairšanu. Vērtību rēķina pēc masas zuduma.

Dažas dolomītu fizikāli mehāniskās īpašības saista cieša korelācija, piemēram, tilpummasa ar ūdens absorbciju un porainību, tajā skaitā arī stiprības rādītāji, tomēr katram dolomītu paveidam un atradnei tie korelējas savādāk (Stinkule, Stinkulis, 2015; LV EN standarti).

Pēc ārējām pazīmēm, kuras atspoguļo galvenokārt ieža ģenēzes īpatnības, Latvijas devona dolomītā ir nodalīti līdz desmit dažādi paveidi (zemjaini, krītveida, porcelānveida, cukurveida, marmorveida, kvarcītveida, kramveida, smilšakmeņveida „Apes tipa” u.c.) Praktiskām vajadzībām ir svarīgi atšķirt zemjaino, porcelānveida (vai marmorveida), kramveida-kvarcītveida, kā arī rupjkristālisko („Apes tipa”) dolomītu (Stinkule un Stinkulis, 2013). Šie paveidi veido lielāko dolomīta slāņkopu daļu un lielā mērā nosaka to sastāvu, fizikāli mehāniskās un tehnoloģiskās īpašības.

20. gadsimta 70.-80. gados K. Šaraks, galvenokārt balstoties uz dolomīta fizikāli mehāniskajām īpašībām, to tekstūru, struktūru, minerālā un ķīmiskā sastāva, nodalījis trīs (Шарак, 1977.), bet V. Hodireva, liekot uzsvāru uz iežu fizikālajām, mehāniskajām un tehnoloģiskajām īpašībām, kā arī izmantošanas veidiem, nodalījusi četrus dolomītu litoloģiski rūpnieciskajos tipus (Hodireva, 1997). Šie tipi veicina daudz precīzākus secinājumus gan par dolomītu ar dažādām īpašībām reģionālo izplatību, gan to slāņkopu stratigrāfisko piesaisti un secību griezumos (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

Pirmajam litoloģiski rūpnieciskajam tipam (*ļoti izturīgie dolomīti*) pieder dolomīta paveidi ar visaugstākajiem mehānisko īpašību rādītājiem, tie pieder kvarcītveida un kramveida paveidam. Vizuāli tie ir viegli atpazīstami - parasti tumši pelēki, brūngani vai violetīgi pelēki ar mirgojošu, atskabargainu, dažreiz gliemežnīcas lauzumu, dažādkristālisku struktūru un kavernožu tekstūru, pēc izskata atgādinot kvarcītu vai kramu. Šī tipa dolomītu kavernoziatē mainās no 0 līdz 40%, savukārt porainība nepārsniedz 5%. Kavernas galvenokārt ir tukšas, parasti ar izskalojuma apmali, retāk tās pildītas dolomītmiltiem vai ar rupjkristālisku sekundāro kalcītu. Šajos iežos dolomītmiltus 0,5-5 cm biezumā vēl var sastapt uz nelīdzenām, izciļņainām slāņojuma virsmām (Hodireva, 1997).

Kristālu izmēri ir samērā lieli, vairākumā gadījumu 0,05-0,08 mm, manāma zonalitāte ar duļķainu, necaurspīdīgu centrālo daļu un caurspīdīgu apmalīti, šāds dolomīts ir ksenomorfs. Dolomītiem raksturīgs ļoti ciešs, zobains kristālu saaugums ar pavisam nedaudziem tukšumiem starp kristāliem, kas nosaka šī tipa dolomītu minimālo porainību, lielo blīvumu un augsto izturību.

Domājams, ka ciešo, zobaino kristālu saaugumu noteica atkārtoti dolomitizācijas un pārkristalizēšanās procesi. Dolomitizācijas rezultātā ir šķīdušas organismu čaulas, iespējams, arī sulfīdu un krama konkrēcijas un izveidojušās šiem dolomītiem tik tipiskās kavernas (Stinkule, Stinkulis, 2015).

Šī tipa dolomītu spiedes pretestība pārsniedz 120-140 MPa, tie ir spējīgi izturēt 50 un vairāk (līdz pat 150) saldēšanas ciklus un parasti no tiem iegūst 1000.–1200. stiprības klases šķembas (Hodireva, 1997). Mehāniski izturīgākie dolomīti ir arī ķīmiski tīrākie un satur vairāk par 90% $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$. No tiem var ražot būvkaļķus, dolomītmiltus, augstas klases šķembas, kā arī izmantot būvniecībā. Izmanot šo dolomītu stikla rūpniecībā traucē pārāk augstais kaitīgo piemaisījumu daudzums, sevišķi dzelzs oksīda klātbūtne (Segliņš, Brangulis, 1996).

Ļoti izturīgie dolomīti raksturīgi Daugavas svītai Latvijas centrālajā un austrumu daļā, no tiem sastāv gandrīz visa derīgā slāņkopa Biržu atradnē, samērā daudz to ir arī Aiviekstes atradnē, dažos slāņos Pērtņieku un Rītupes atradnē, gandrīz pilnīgi izstrādātās Rīteru atradnes apakšējā daļā, mazāk tipiski tie ir Pļaviņu svītai (Stinkule, Stinkulis, 2015).

Otrajam litoloģiski rūpnieciskajam tipam (*izturīgie dolomīti*) pieder mehāniski izturīgi, galvenokārt tā sauktie marmorveida dolomīti. Šo tipu nosacīti var iedalīt divos paveidos – kavernozie un blīvie, masīvie dolomīti. Kavernozie parasti ir pelēkā, pelēki rozīgā krāsā, to kavernas lielākoties veidojušās pēc organismu atlieku, galvenokārt, gliemežu, brahiopodu un stromatoporu, izšķīšanas. Kavernas ir svaigas, neizmainītas, retāk pārklātas ar sīkiem sekundārā kalcīta vai dolomīta kristāliņiem. Mehāniskie rādītāji šim paveidam ir nedaudz zemāki, tā šķembas pieder 600.-800. klasei, to stiprība ir vidēji 100 MPa un salturība - vidēji 25 cikli. Marmorveida dolomīti var būt arī masīvas tekstūras, vidēji poraini (5-15%), tie parasti ir pelēcīgi, dzeltenīgi pelēcīgi, to stiprība vidēji 80 MPa un salturība svārstās no 25-50 cikliem un to plānslīpējumos novērojamās struktūras un tekstūras ir līdzīgas iepriekšējiem, tikai caurspīdīgās kristālu apmalītes ir daudz retākas.

Kopumā visi pārkristalizētie, mehāniski izturīgie dolomītu paveidi reizē ir arī ar mazāku mālaino piemaisījumu daudzumu, tad to salturība arī ir augsta – 25 līdz 50 saldēšanas cikli. Atšķirībā no mehāniski ļoti izturīgajiem dolomītiem, šiem ir raksturīga mazāk ciešs graudu saaugums, līdz ar to ir lielāka porainība (5-10%) un mazāks blīvums. Līdzīgi kā pirmā

litoloģiski rūpnieciskā tipa dolomīti, arī šie ir ķīmiski tīri dolomīti ar nelielu nešķīstošā atlikuma daudzumu (Hodireva, 1997; Stinkule, Stinkulis, 2015).

Izturīgos dolomītus Latvijā var sastapt bieži, visvairāk Pļaviņu svītas vidējās daļas Sēlijas ridas sastāvā Latvijas ziemeļu daļā, kur tie griezumā izceļas ar savu rupjplātnainību, kas padara tos par ļoti piemērotiem apdares materiālu ražošanai. Tāpat to ir daudz arī Daugavas svītā un Stipinu svītas griezumā augšējā daļā. Tipam piederīgi arī gliemeždolomīti Kranciema, Remīnes, Biržu atradnēs (Stinkule, Stinkulis, 2015).

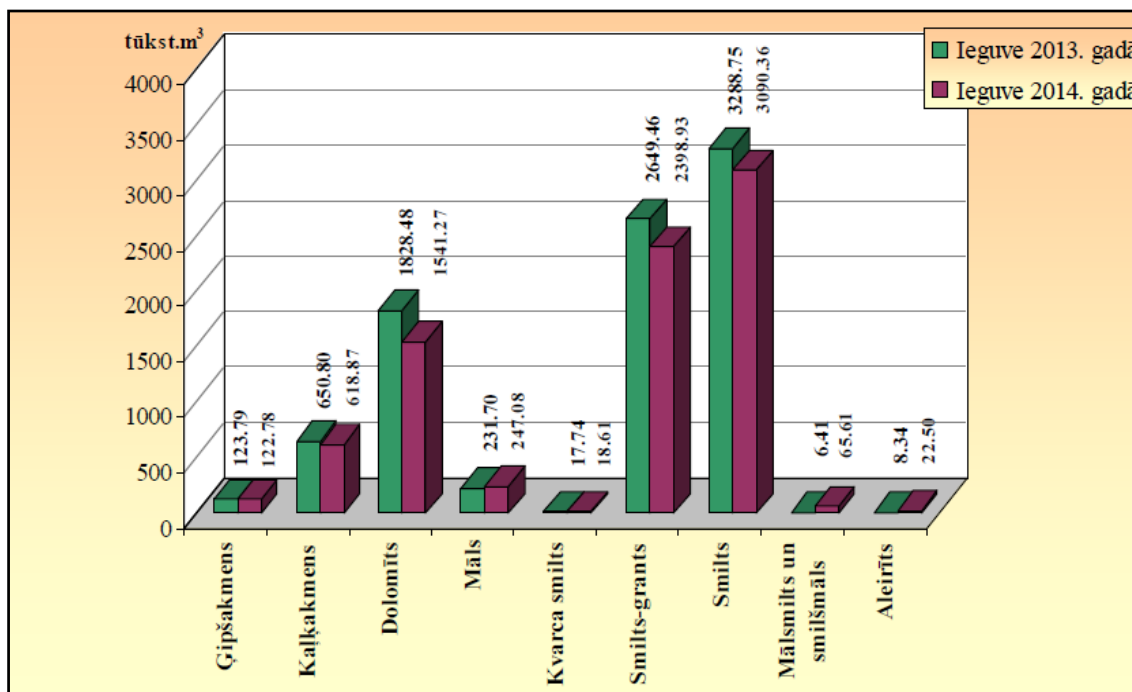
Trešo litoloģiski rūpnieciskajam tipu (*vidēji izturīgie dolomīti*) veido dolomīti ar vidējiem mehāniskās stiprības rādītājiem, kas svārstās no 40 līdz 60 MPa. Kristālu saaugums šiem dolomītiem ir mazāk ciešs un kristāli ir dažāda izmēra, kas pazemina to mehāniskās īpašības. No tiem iegūstamas tikai vidējas stiprības (400. klases) un 15, reti 25 salturības ciklus izturošas šķembas. Iezis parasti ir gaiši dzeltenīgs, pelēcīgs ar plankumainu vai joslainu tekstūru, ko veido dažādie kristālu izmēri, porainība vai nelielas lēcas. Kopumā šie dolomīti ir diezgan poraini (7-20%) un kavernu daudzums var sasniegt pat 20%. Šim tipam novērojama rupjplātnainība, kas uzskatāma par labvēlīgu īpašību šķembu virsmas sasaistē ar cementa masu betonā (Hodireva, 1997). Vidēji izturīgie dolomīti izplatīti Pļaviņu un Daugavas svītu sastāvā (Stinkule, Stinkulis, 2015).

Sekojoši **ceturtais litoloģiski rūpnieciskais tips (*mazizturīgie, zemjainie dolomīti*)** parasti ir gaiši pelēkā krāsā, mikrokristāliski, sīkplātnaini, ar palielinātu māla saturu, slīpslāņoti un poraini (7-20%). Tos var izmantot, ražojot zemākas kvalitātes šķembas, jo tiem ir zema mehāniskā izturība (20-40 MPa), liels nodilums un maza salturība (15 un mazāk cikli) vai pat salneizturība. Šī tipa dolomīti ir izplatīti mazāk nekā pirmie trīs tipi, lielākoties Pļaviņu svītas nogulumos. Neizturīgo slāņu nelabvēlīgo iespaidu uz pārējo materiālu var novērst ar iežu masas vairākpakāpju drupināšanu, kuras gaitā neizturīgākie paveidi sasmalcinās un atsijājas (Hodireva, 1997; Stinkule, Stinkulis, 2015).

Kā jau minēts, dolomīts ir viens no izplatītākajiem derīgajiem izrakteņiem Latvijā. Pēc LVĢMC (LVĢMC, 2015) publicētās informācijas uz 2015. gada 1. janvāri Latvijā ir 138448,72 tūkst. m³ **A kategorijas (izpētītie)** un 257386,21 tūkst. m³ **N kategorijas (novērtētie)** dolomīta krājumu. Krājumu iedalījumu kategorijās regulē 2012. gada 21. augusta Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi Nr. 570 "Derīgo izrakteņu ieguves kārtība". Salīdzinot ar 2014. gada datiem, izpētītie dolomīta krājumi samazinājušies par 115,55 tūkst. m³, novērtētie dolomīta krājumi palielinājušies par 150,58 tūkst. m³ un ieguves apjoms ir samazinājies par 287,21 tūkst. m³ (4.1. att.).

Pēc pēdējiem datiem, Latvijā šobrīd darbojas 23 dolomīta atradnes, 7 no tām ir valsts nozīmes atradnes statusā, tajā skaitā Iecavas dolomītu atradne. Valsts nozīmes derīgo izrakteņu

atradne ir Ministru kabineta noteikta atradne, kura atrodas Latvijas teritorijā vai ekskluzīvajā ekonomiskajā zonā un kuras krājumi nodrošina valsts vai vairāku tās reģionu vajadzības pēc attiecīgā derīgā izrakteņa (Par zemes dzīlēm, 1996). Jāpiezīmē, ka šajā bilancē tiek iekļautas tikai oficiāli reģistrētās atradnes.



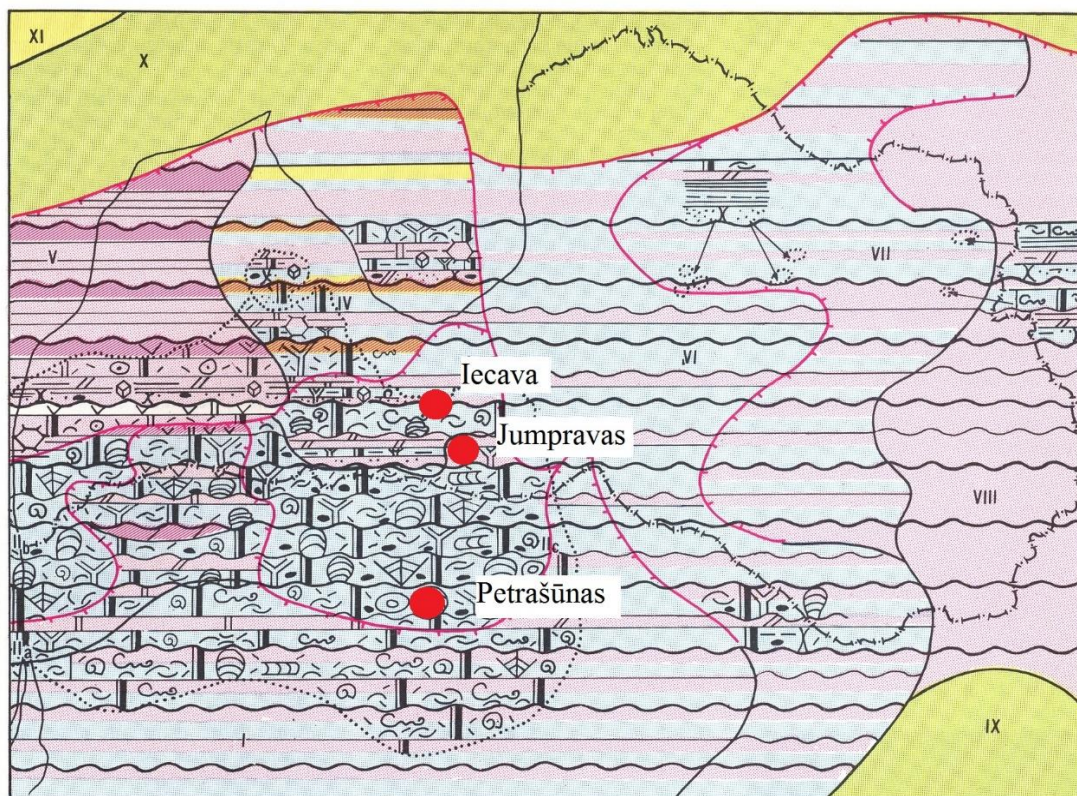
4.1. attēls. Būvmateriālu izejvielu ieguves apjomi Latvijā (LVĢMC, 2015)

Salīdzinot ar 2013. gadu, atradņu sarakstā ir pievienota viena – Lāsītes (Ikšķiles nov.), bet izslēgtas astoņas – Ape 1966.g. (Apes nov.), Dainas (Neretas nov.), Dzeņi (Smiltenes nov.), Jaunarāji (Lielvārdes nov.), Piekalni (Lielvārdes nov.), Rudzusalas (Līvānu nov.), Vārpas (Ikšķiles nov.) un Īrisi (Krustpils nov.).

Senajā Rīgā dolomīts izmantots ielu bruģēšanai, pagājušā gadsimta sākumā tas vēl tika izmantots kaļķu (dedzinātā dolomīta) ražošanai (Stinkule, Stinkulis, 2013). Mūsdienās dolomīts galvenokārt tiek izmantots būvniecībā: šķembām, dolomītmiltiem, būvkaļķiem, cementam, apdarei, stiklam un metalurģijai, no kuriem visvairāk tieši šķembu ražošanai.

5. PĒTĪJUMU OBJEKTU VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS

Kā pirmais no maģistra darbā pētītajiem objektiem apmeklēta Iecavas dolomītu atradne (5.1. un 5.2. att.), kurā ierīkots VAS “Latvijas autoceļu uzturētājs” apsaimniekotais karjers Akmencūciņas (atradnes ziemeļu daļā) un SIA “DSG karjeri” apsaimniekotais karjers Iecava (austrumu pusē). Par atradni pirmoreiz ieinteresējās 1971. gadā, apdares dolomīta meklēšanas darbu laikā. 1974.-1976. gadā sekoja Latvijas Ģeoloģijas pārvaldes veiktais pētījums, meklējot apdares dolomītus, kura laikā ierīkotas divas lauztuves, no kurām noņemtus paraugus sūtīja uz Vissavienības Nerūdas Celtniecības materiālu zinātnisko pētniecības institūtu Toljati (Krievija). Rezultātā atzīts, ka Iecavas sārtais dolomīts ir piemērots apdarei, un no izpētītajiem 8,6 miljoniem m³ dolomīta 368 tūkst. m³ tika aplēsti kā potenciāls apdares materiāls (Меконе, Декерт, 1976; Kondratjeva, Hodireva, 2000).



5.1. attēls. Maģistra darbā pētīto objektu izvietojums. Izveidojusi autore, par pamatu izmantota V. Sorokina (1998) sastādītā karte (apzīmējumi pie 2.1. att.)

1980. gadu sākumā ceļu būvei bija nepieciešama jauna atradne Iecavas apkārtnē, kā rezultātā 1984.-1985. gadā notika atradnes detalizēta izpēte, ko veica Latvijas ģeoloģijas pārvaldes Kompleksā ģeoloģiskās izpētes ekspedīcijas Nerūdu partija. Izpētes laikā ierīkoti gandrīz 300 urbumi, gan šķembām, gan dolomīta kubiem noteiktas fizikālās un mehāniskās īpašības, raksturots dolomītu petrogrāfiskais sastāvs, veiktas ķīmiskās analīzes Latvijas

Ģeoloģijas pārvaldes Centrālajā laboratorijā un aprēķināti krājumi: 7227,4 tūkst. m³ A+B+C₁ kategorija un 3864 tūkst. m³ - C₂ kategorija (agrāko gadu A, B, C₁ atbilst A kategorijai un C₂ – tagadējai N kategorijai). Aprēķinātie krājumi tika apstiprināti Latvijas PSR Ģeoloģijas pārvaldē. Derīgo izrakteņu teritoriālās komisijas sēdes protokolā Nr. 65 (Семенов, Шнибко, 1985) minēts, ka Iecavas atradnē trijos atsevišķos blokos aprēķināti apdarei izmantojami dolomīta krājumi 368,4 tūkst. m³ apmērā. Iepriekšējā gadsimta astoņdesmitajos gados Iecavas atradnē ieguva vidēji 150-220 tūkst. m³ dolomīta gadā (Kondratjeva, Hodireva, 2000).



5.2. attēls. Stipinu svītas nogulumieži Iecavas dolomīta atradnē – vieta, kur sastādīts ģeoloģiskais griezumš. Mērogam izmantots 1 m garš mērlentes posms (Ģ. Stinkuļa foto)

Apdares dolomīti atradnē nav izvietoti vienmērīgi, bet iegul tikai slāņu sinklinālajās ielocēs, kur tie veido trīs atsevišķas iegulas. Šo dolomītu slānis ir līdz 2 m biezs, tie iegul slāņkopas augšdaļā zem vidēji 2,5 m biezās kvartāra nogulumu segas un pēc krāsas ir tumši sārti, vairāk vai mazāk poraini un kavernozi, ar marmoram līdzīgu struktūru. Bez minētā, Iecavas atradnē ir arī pelēcīgi violets biežplātņains dolomīts ar sarkanbrūnu lāsojumu. Sevišķi dekoratīvu izskatu tas iegūst pēc slīpēšanas un pulēšanas.

Sārtais apdares dolomīts ir mehāniski izturīgs, ar stiprību 50-80 MPa, tā salturība ir virs 25 cikliem un teorētiskais akmens sabrukšanas sākums paredzams ne ātrāk kā pēc 200 gadiem. Šis dolomīta slānis ir nevienmērīgi plaisains (Kondratjeva, Hodireva, 2000). No viena kubikmetra iespējams iegūt 10-15 m² dolomīta dekoratīvo plātņu (Segliņš, Brangulis, 1996).

2015. gada sākumā (LVĢMC, 2015) atradnē bija 2884,34 tūkst. m³ A kategorijas un 3861,06 tūkst. m³ N kategorijas krājumu. Šobrīd Iecavas sārto dolomītu kā būvakmeni izmanto tikai periodiski, no tā ierīkoti dekoratīvi nožogojumi Iecavā un Rīgā.

Iecavas atradne atrodas Tīreļu līdzenuma dienvidaustrumu daļā, kam raksturīgs lēzeni viļņots reljefs. Atradnes apvidū kvartāra nogulumus veido brūns un pelēcīgs glaciģēnais smilšmāls vai mālsmilts ar oļiem un laukakmeņiem griezuma apakšējā daļā. To pārsedz Baltijas ledus ezera glaciolimniskie nogulumi – pārsvarā smalkgraudaina un mālaina smilts ar aleirīta un māla starpkārtām. Glaciģēnie nogulumi uzguļ erodētai pamatiežu virsmai un to biezums ir nevienmērīgs, no 0,5 līdz 6 metriem. Augsnes virskārta nepārsniedz vienu metru. Zem kvartāra nogulumiem ieguļ pamatieži - Stipinu svītas dolomīti un dolomītmerģeļi ar mālu starpslāņiem. Atradnes produktīvo daļu veido Bauskas ridas dolomīts. Visam slāņu kompleksam novērojams neliels kritums uz rietumiem, nedaudz uz austrumiem (Zemes puse..., 2012).

Secīgi kā otrais objekts maģistra darba lauka darbu laikā tika apmeklēta Lietuvas teritorijā Pakruojas rajonā esošā Petrašūnu (*Petrašiūnai II*) dolomīta atradne (5.3. att.), kas ir viena no divām lielākajām dolomīta ieguves atradnēm Lietuvā. Otra ir netālu esošā uzņēmuma “*Klovainių skalda*” piederošā Klovaiņu (*Klovainiai*) dolomītu atradne, bet dažu kilometru attālumā no tām abām atrodas arī trešā atradne „Krivaičiai”.



5.3. attēls. Stipinu svītas nogulumieži Petrašūnu dolomīta atradnē – vieta, kur sastādīts ģeoloģiskais griezumš (autores foto)

Petrašūnu atradnē ieguve sākusies jau 19. gadsimta vidū un turpinās vēl līdz mūsdienām. Atradni kopš 1964. gada apsaimnieko uzņēmums AB „Dolomitas”. Tajā iegūstamais materiāls sertificēts Latvijā, Krievijā un Polijā. Pašlaik uzņēmumā darbojas četras pārstrādes līnijas, kas ik gadu spēj saražot līdz 3 miljoniem tonnu 25 dažādu frakciju šķembas. Ņemot vērā pašreizējās produkcijas patēriņu, dolomīta resursi būs pietiekami vēl 55-60 gadiem (Dolomitas, 2013).

Stipinu svītas nogulumos Petrašūnu karjerā ir visai aktīvas bioturbācijas pazīmes un konstatētas iħnoģintis *Skolithos*, *Chondrites*, *Planolites*, *Arenicolites*, *Lockeia* un *Diplocraterion* (Meškis, 2013).

Kā noslēdzošais objekts maģistra darba izstrādes gaitā apmeklēts 500 m garais Jumpravas dolomītu atsegums (dēvēts arī par Jumpravas klīntīm; 5.4. att.), kas atrodas Bauskas novada, Mežotnes pagasta Jumpravās, Lielupes labajā krastā. Atsegums iekļauts aizsargājamo ģeoloģisko un ģeomorfoloģisko dabas pieminekļu sarakstā. Jumpravas atsegums ir lielākais dabīģais Stipinu svītas dolomītu atsegums, kā arī Bauskas ridas hipostratotips ar raksturīģiem pārakmeņojumiem (Kondratjeva, Hodireva, 2000).



5.4. attēls. **Jumpravas dolomītu atsegums** (autores foto). Attēlā redzamais mērlentas ģarums – 2 m

Jumpravas atsegums atrodas Bauskas dabas parka teritorijā, tā vidusdaļu šķērso grava, kurā ir skaista, 1,5 m augsta ūdenskritumu kaskāde. Ūdenskritumam ir sezonāla daba - vasarā tas ir sauss. Lejpus ūdenskritumam neliels kanjons. Klinšu pakājē dienvidaustrumos no gravas ir arī neliels avotiņš - Mīlestības avots, kurš pēc dažiem metriem ieplūst Lielupē. Klintis ir ļoti ainaviskas un rada dziženu iespaidu. Baronu laikos upīte bija uzdambēta un ūdenskritums nebija redzams. Klintis iecienītas arī alpīnistu vidū. Atseguma augšdaļā no turpat iegūtā dolomīta uzbūvēts mākslīgo pilsdrupu tornis (DAP, 2010).

6. MATERIĀLI UN METODEDES

6.1. Lauka pētījumu metodes

Lauka darbu ietvaros tika apsekoti un pētīti 3 objekti - Iecavas dolomītu atradne, Petrašūnu dolomītu atradne un Jumpravas dolomīta atsegums. Visos objektos veikta fotodokumentācija, sastādīti ģeoloģiskie griezumi, kuros izdalīti dažāda biezuma slāņi, aprakstīta dolomītu struktūra un tekstūra, kā arī slāņu sagulums, plātņu izmēri un raksturota dolomītu mehāniskā izturība. Atsegumu sienām noteiktas koordinātas, izmantojot GPS *Garmin Dakota 20* rokas aparātu.

Iecavas atradnē sastādīts ģeoloģiskais griezums (koordinātas 56°34'30.81" Z, 24°3'39.05" A), atsegtajos Stipinu svītas nogulumiežos nodalīti 5 slāņi, ievākti 4 lielie (apmēram ~15 kg katrs) paraugi Losandželosas un Mikro-Devala testi (turpmāk – lielie paraugi) un 9 paraugi plānslīpējumu izgatavošanai. Petrašūnu atradnē arī sastādīts ģeoloģiskais griezums (koordinātas 55°59'24.85" Z, 23°55'49.81" A), nodalīti 2 slāņi, ievākti 2 lielie paraugi un 5 paraugi plānslīpējumu izgatavošanai. Jumpravas dolomīta atsegumā veikta ģeoloģiskā griezuma sastādīšana (koordinātas 56°24'54.12" Z, 24°6'38.75" A), atsegtajā Stipinu svītas daļā nodalīti 5 slāņi, bet, tā kā atsegums ir aizsargājams ģeoloģisks un ģeomorfoloģisks dabas piemineklis, tika ievākts tikai 1 lielais paraugs no nobirām atseguma apakšējā daļā un 5 paraugi, cenšoties pēc iespējas mazāk iespaidot atseguma dabisko stāvokli, plānslīpējumu izgatavošanai. Jumpravas dolomīta atsegums pētīts un paraugots, lai gūtu priekšstatu par Stipinu svītas dolomītu īpašībām teritorijā, kas atrodas starp Iecavas apkārtnes un Pakrojīs apkārtnes dolomītu atradnēm.

Visiem paraugiem piešķirts nosaukums, kas veidots no atbilstošā slāņa numura, no kura paraugs ievākts (virzienā uz augšu) un atradnes nosaukuma vai objekta atrašanās vietas saīsinājuma (attiecīgi – Iecavas atradnei burts “I”, Petrašūnu atradne apzīmēts ar “LT” un Jumpravas atsegums ar “J”). Paraugu ievākšanas vietas ir atzīmētas arī griezumā.

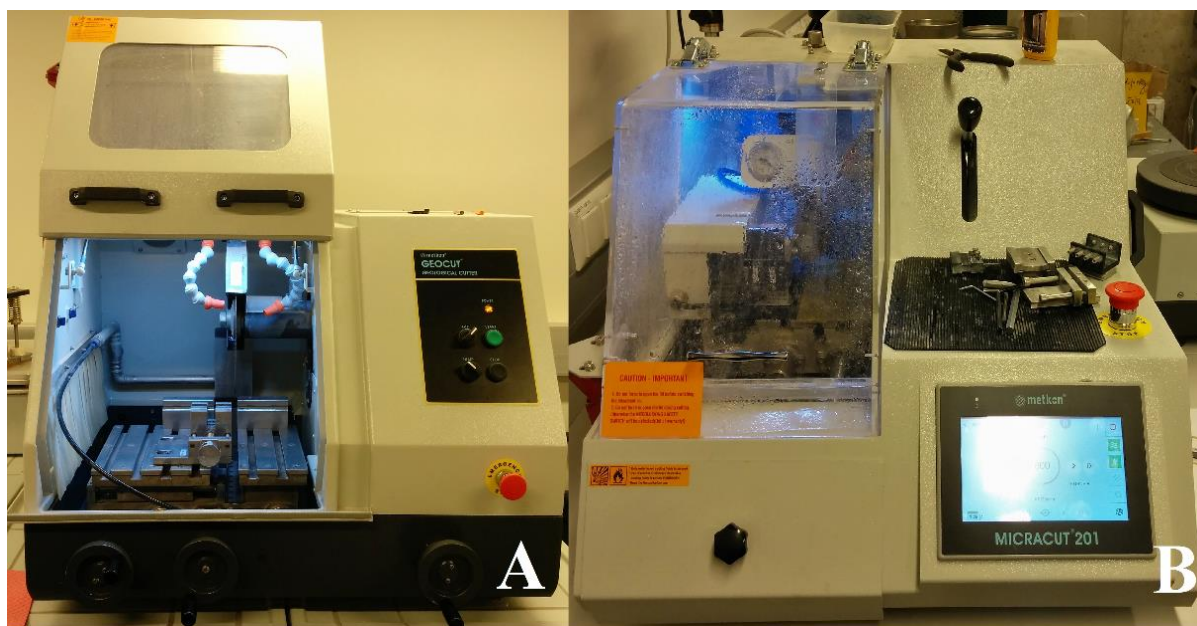
6.2. Laboratorijas pētījumu metodes

6.2.1. Plānslīpējumu izgatavošana un analīze

Plānslīpējumi izgatavoti LU ĢZZF Iežu pētījumu laboratorijā un kā pirmais solis šajā procesā ir paraugu sazāģēšana mazākos gabalos (kuba formā apmēram 3 x 3 x 2 cm) izmantojot

Metkon® GEOCUT (6.1. att.: A) iekārtu. Tad veikta paraugu vizuāla novērtēšana, lai izsecinātu, kurus paraugus nepieciešams impregnēt - atlasīti 6 ar porām un kavernām bagātākie paraugi, tos liekot traukā tā, lai tie savstarpēji nesaskaras un pārlejot ar acetonu. Pēc tam tiek sajaukts impregnēšanas maisījums - SIA “Latvijas Ķīmija” epoksīda sveķi un to cietinātājs attiecībā 20:1 un aptuveni 30% acetona. Maisījums ir jāmaisā, kamēr tas iegūst ūdenim līdzīgu šķidrumu. Tad šis maisījums tiek lēni un uzmanīgi pārliets pāri paraugiem, atstāts vilkmes skapī, kamēr pilnīgi sacementējas.

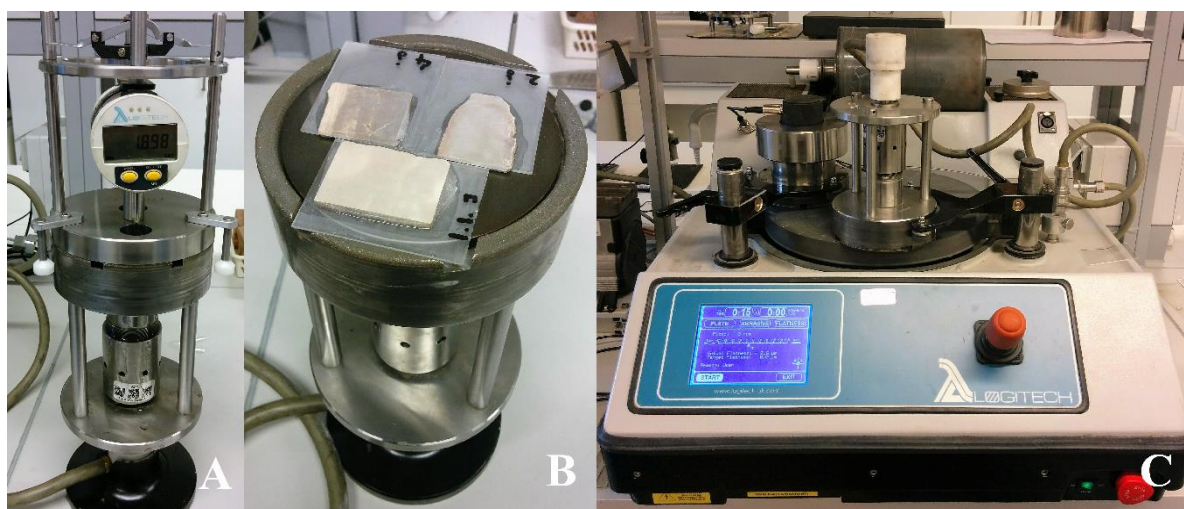
Mehāniski izturīgākie paraugi tiek zāģēti uzreiz (pārējie, kad notikusi impregnēšana) ar precīzās zāģēšanas iekārtu *Metkon® MICRACUT 201* (6.1. att.: B) iekārtu. Šajā brīdī ir svarīgi izvēlēties, ar cik lieliem apgriezieniem tiks griezta zāģa ripa un ar kādu ātrumu tā veiks zāģēšanu. Izmēģinot pāris reizes, tiek izvēlēts mazākais apgriezienu skaits - 500 apgriezieni/minūtē (rpm) un mazākais iespējamais ātrums – 20 $\mu\text{m/s}$. Katra parauga zāģēšana ar minētajiem parametriem aizņem apmēram 40 minūtes un rezultātā tiek iegūta tik gluda virsma, ka to nav nepieciešams pulēt pirms līmēšanas uz priekšmetstikliņa (turpmāk – stikliņš).



6.1. attēls. Zāģēšanas iekārtas: A – rupjais zāģis, B – precīzās zāģēšanas iekārta (autore fotografējis)

Kamēr paraugi tiek zāģēti ar precīzo zāģēšanas iekārtu, var sagatavot stikliņus, tos apstrādājot ar precīzās slīpēšanas un pulēšanas iekārtu *Logitech® PM5* (6.2. att.). Darbu ar slīpēšanas iekārtu var sadalīt divos posmos – slīpripas sagatavošanas darbam, stikliņu vai paraugu slīpēšana, neizmirstot ierēķināt laiku, ko aizņem arī iekārtas tīrīšana. Pirmā posma ietvaros uz pilnīgi gludas granīta plāksnes tiek nokalibrēta slīpripas nodiluma mērīšanas ierīce

(*Monitor Jig*) izmantojot *Auto zero* funkciju tikai tad, ja *Plate Shape* parametrs ir +/- 10 μm robežās. Pretējā gadījumā nepieciešama manuāla kalibrēšana. Pēc kalibrēšanas tiek uzstādītas divas ierīces *Roller arms*. Izmantojot iecentrēšanas detaļu (*Setting Tool*), kreisajā *Roller arm* ierīcē ievieto nodiluma mērīšanas ierīci, tādējādi to nostādot sākuma koordinātās, un labajā – ripas slīpēšanas testa bloku ar papildus svaru uz tā. Izmantojot abrazīvo suspensiju, ko pagatavo, sajaucot 150 ml 600 gritu silikona karbīda pulveri ar 1,5 l ūdens un ielejot to automātiskās padeves cilindrā, sāk slīpripas izlīdzināšanu. Process ilgst vismaz 15 minūtes (reizēm līdz pat 3 stundām) un tā rezultātā, kad monitora ekrānā *Actual Flatness* vērtība sakrīt ar *Target Flatness* ($0\mu\text{m}$), tiek panākts, lai slīpripa ir taisna. Tas ir svarīgi, lai stikliņi un paši paraugi noslīpētos vienmērīgi. Kad tas ir panākts, uzsāk otro posmu, uzstādot stikla biezumu, ko vēlas atstāt pēc slīpēšanas, uz slīpēšanas ierīces. Lai to panāktu, uz granīta plāksnes nokalibrē mikrometru, novieto to uz slīpēšanas iekārtas (6.2. att.: A) un manuāli iestata pazeminājumu, kas tiek aprēķināts, summējot līmes biezumu (0,03 mm), saglabājamā stikliņa/parauga biezumu (0,03 mm paraugam) un abrazīvo daļiņu diametru (600 gritu silikona karbīdam - 0,003 mm). Tad stikliņus izvieto uz slīpēšanas ierīces (6.2. att.: B), pieslēdz vakuumu (iekārta *Logitech® VS2*), sagaida, kamēr spiediens sasniedz vismaz 840 mbar un visbeidzot novieto slīpēšanas ierīci uz slīpripas labajā *Roller arm* un nofiksē (6.2. att.: C). Stikliņus slīpē vismaz 15 minūtes, cenšoties iegūt vienādu biezumu (šajā gadījumā 1,19 mm), lai vēlākā darbu gaitā paraugi slīpētos vienmērīgi. Stikliņi tiek slīpēti, lai tie iegūtu matētu virsmu, iegūstot lielāku saķeri ar virsmu.



6.2. attēls. Plānslīpējumu izgatavošanas iekārta un posmi (autores fotogrāfijas). Apzīmējumi: A – pazeminājuma iestatīšana, B – paraugu izvietošana, C – slīpēšanas iekārta (pilnībā uzstādīta)

Pirms līmēšanas gan paraugs, gan stikliņš tiek notīrīts ar acetonu un kā līme tiek izmantots epoksīda sveķu maisījums ar cietinātāju attiecībā 10:5. Svarīgi ir kārtīgi ir šo maisījumu samaisīt, lai būtu pēc iespējas mazāk gaisa burbuļu. Arī līmējot jāievēro, lai nerastos gaisa burbuļi, kas apgrūtinātu tālāko apstrādi un izpēti. Kad līme ir nožuvusi, precīzās zāģēšanas iekārtai pieslēdzot vakuumu, ar apgriezīgu skaitu 800 rpm un ātrumu 50 µm/s tiek nozāģētas liekās parauga malas, iegūstot samērā plānu paraugu, kuru var sākt slīpēt. Parauga slīpēšana pēc būtības neatšķiras no iepriekš aprakstītās stikliņu slīpēšanas, tomēr, slīpējot paraugus ir jābūt ļoti uzmanīgam - pirmkārt, pareizi jāaprēķina nenoslīpējamās daļas biezumu, ko ieteicams sākumā ņemt ar rezervi, otrkārt, jāsaīsina slīpēšanas laiks, jo izmantojot standarta 15 minūtes, var noslīpēt visu paraugu. Vēlams ik pēc apmēram 5 minūtēm iekārtu apstādināt un pārbaudīt, vai ir nepieciešams slīpēt vēl. Tā kā šajā stadijā slīpēšanas iekārtai radās tehniskas problēmas, plānslīpējumi tika pabeigti, uz stikla plāksnes uzberot no sākuma vidēji rupjo (10 µm), tad smalko (1 µm) korunda pulveri, saslapinot ar ūdeni un vienmērīgi pulējot ar roku. Galvenais šajā procesā ir censties vienmērīgi un pietiekami plāni nopulēt paraugu, lai to nesabojātu un varētu izmantot tālākai analīzei.

Kopumā izgatavoti 15 plānslīpējumi, kas pēc tam tika apskatīti, analizēti un fotografēti izmantojot LU ĢZZF Mineraloģijas un paleontoloģijas laboratorijā esošo mineraloģisko polarizācijas mikroskopu *Leica DM4500P* savienojumā ar digitālo kameru *Leica DFC480* tiešsaistes režīmā.

Plānslīpējumu analīzē karbonātiežu kristālu izmēru raksturošanai izmantota Latvijas nogulumiežu pētījumiem ieteicamā (Gailīte u.c., 1996) klasifikācija (6.1.tab.).

6.1. tabula

Karbonātiežu klasifikācija pēc kristālu izmēriem (Gailīte u.c., 1996)

Nosaukums	Kristālu izmēri, mm
Sevišķi rupjkristāliski	>5
Ļoti rupjkristāliski	1-5
Rupjkristāliski	0,25-1
Vidējkristāliski	0,1-0,25
Smalkkristāliski	0,05-0,1
Ļoti smalkkristāliski	0,01-0,05
Mikrokristāliski	0,005-0,01
Slēptkristāliski (afanītiski)	0,001-0,005

6.2.2. Losandželosas tests

Mūsdienās ģeoloģisko izpēti veic firmas pēc konkrētu fizisku vai juridisku personu pasūtījuma un prasībām, un pieeja dolomīta kvalitātes vērtējumam ir būtiski mainījusies. Plānotais dolomīta izmantošanas mērķis gandrīz visos gadījumos ir ceļu būve un remonts, tāpēc izpētē noteicošās ir šīs nozares prasības – materiāla drupināšanas un berzes pretestība dinamiskā slodzē, termiskā un atmosfēras iedarbības izturība, bet spiedes stiprība statiskā slodzē vairs nav galveno kritēriju skalā. Ceļu būvē ir strikti noteiktas normas, kurās dolomīta testu rezultātiem ir jāiekļaujas (Stinkule, Stinkulis, 2015).

Losandželosas tests, kas oriģināli saukts par Losandželosas nodilumizturības testu (*Los Angeles Abrasion test*), Amerikas testēšanas un materiālu apvienībā (*ASTM*) tika akceptēts jau 1939. gadā. Tests tika izveidots, lai mēģinātu modelēt vidi, kādā konkrētais materiāls nokļūst lauka apstākļos. Lai gan šis tests to pilnībā neatspoguļo, tas guva lielu popularitāti un tika ieviests kā viens no kvalitātes standarta rādītājiem (Williams et al., 2005). Losandželosas testa metode nosaka būvniecībā (pārsvarā ceļu) izmantojamo šķembu drupināšanas pretestību un testēšanas rezultātu raksturo Losandželosas koeficients (LA). Pēc būtības tas atspoguļo testēšanas porcijas masas daļu procentos, kas pēc testēšanas iziet caur 1,6 mm testēšanas sietam.

6.2. tabula

Losandželosas testa parametru salīdzinājums standarta (a, b) frakcijām (tulkojusi autore, izmantojot Erichsen et al., 2011)

Testa procedūra	Losandželosas tests ^a	Losandželosas tests ^b
Standarta frakcijas izmērs	10–14 mm	31,5–50 mm
Sadalījums	Vai nu 30–40% < 11,2 mm, Vai 60–70% < 12,5 mm	> 40 mm: 5 000 ± 50 g < 40 mm: 5 000 ± 50 g
Parauga lielums	5 000 ± 5 g	10 000 ± 100 g
Ložu daudzums	11	12
Ložu masa	4 690–4 860 g	5 210 ± 90 g
Ūdens izmantošana testā	Nav	Nav
Cilindra rotēšanas ātrums	32 ± 1 rpm	32 ± 1 rpm
Apgriezienu skaits (laiks)	500 (15 min)	1000 (30 min)
Paralēlo asu daudzums	1	1
Siets	1,6 mm	1,6 mm
Testa agregāts		
Cilindra iekšējais diametrs	711 ± 5 mm	711 ± 5 mm
Cilindra iekšējais garums	508 ± 5 mm	508 ± 5 mm
Cilindra biezums	12 +1/-0,5 mm	12 +1/-0,5 mm
Plaukts (cilindra iekšpusē)	1 plaukts: platumā 90 ± 2 mm, Biezumā: 25 ± 1 mm	1 plaukts: platumā 90 ± 2 mm, Biezumā: 25 ± 1 mm
Katras lodes diametrs	45–49 mm	45–49 mm
Katras lodes masa	400–445 g	400–445 g

Eiropas (EN 1097-2), tāpat kā Latvijas standartā (LVS EN 1097-2:2011) noteiktā Losandželas testā izmantojamā frakcija ir 10-14 mm. Frakcijai 31,5-50 mm paredzētā testa procedūra tikusi izveidota dzelzceļa balastu un ceļu būves vajadzībām (Erichsen et al., 2011).

Latvijā tests ienācis samērā nesen un testēšanas iekārta konstruktīvi ir ļoti līdzīga plauktu cilindram, kādā agrākos gados noteica nodilumpretestību (Stinkule, Stinkulis, 2015).

Tā kā Eiropā tiek izmantoti dažādi standarti (6.2. tab.), darba ietvaros veiktā metode atbilst variantam, kuru metodiskie norādījumi izstrādāti, pamatojoties uz LV EN 1097-2 un Vācijas Iežu apvienības darba instrukciju (Ceļu specifikācijas, 2015). Sekojoši, testēšana veikta 35,5-45 mm frakcijas dolomīta šķembām.

Losandželas tests veiks ar LU ĢZZF Iežu pētījumu laboratorijā pieejamo *infraTest*[®] 42-0600 iekārtu (6.3. att.: A), kuras parametri atbilst minētajiem standartiem. Testēšanas procesu var sadalīt 3 posmos – paraugu sagatavošana, testēšanas procedūra un aprēķins.



6.3. attēls. Losandželas testa iekārta (A) un paraugu sagatavošanai izmantotie sieti (31,5 un 45 mm (autores fotogrāfijas)

Sākotnēji nepieciešams sagatavot nedaudz vairāk par 10 kg šķembu izmērā no 31,5-45 mm (6.3. att.: B). Frakcijas noteikšanai izmantoti atbilstošie testēšanas sieti. Jāpiezīmē, ka paraugu sagatavošana tika veikta ar ģeoloģisko āmuru, jo laboratorijā esošais *CONTROLS* laboratorijas iežu drupinātājs paredzēts frakcijai 5-15 mm. Katru sagatavoto paraugu mazgā, lai atbrīvotos no mālainajām daļiņām, un pēc tam žāvē krāsnī $110 \pm 5^\circ \text{C}$ augstā temperatūrā līdz

tie sasniedz konstantu masu. Tad tiek izveidots testēšanas paraugs ar kopējo sauso masu $10\,000 \pm 100$ g.

Iegūtais materiāls tiek iebērts testēšanas iekārtas cilindrā un tam pievienotas 12 tērauda lodes diametrā 45–49 mm ar kopējo masu $5\,210 \pm 90$ g. Cilindru noslēdz ar vāku un cieši pievelk skrūves, attaisa drošības slēdzi (ja tas nav izdarīts, iekārta nedarbosies), iekārtas monitorā uzstāda 1000 apgriezienus (cilindrs automātiski griezīsies ar ātrumu 31-33 apgr./min.) un nospiež zaļo (*start*) pogu. Kad iekārta ir apstājusies, attaisa cilindra vāku un cilindra atveri pagriež uz leju, lai viss materiāls izbirtu uz metāla paliktņa, kas novietots zem iekārtas. Cilindru izslauka, lai dabūtu ārā visas sīkās daļiņas un lai nerastos zudumi. Pēc tam no paliktņa uzmanīgi nolasa lodes un paraugu mazgā uz 1,6 mm testēšanas sieta. Atlikumu, kas palicis uz minētā sieta, žāvē $110 \pm 5^\circ$ C temperatūrā līdz konstantai masai un visbeidzot to nosver. Tiek izmantoti svāri ar precizitāti līdz 0,1 g.

Losandželosas koeficientu (LA) aprēķina pēc šādas formulas:

$$LA = 10000 - m/100,$$

kur m – atlikums uz 1,6 mm sieta, gramos. Rezultātu noapaļo līdz nākamajam veselajam skaitlim.

6.2.3. Mikro-Devala tests

Mikro-Devala (*micro-Deval*) tests radies Francijā 19. gadsimta 60. gados kā Devala testa versija, ko pirms tam lietoja dzelzceļa balastu veidojošo materiālu kvalitātes noteikšanā. Mikro-Devala testā, atšķirībā no Devala testa, 50 kg vietā tiek izmantoti 500 g parauga. Sākotnēji tests lietots Kanādā, Kvebekas provincē un akceptēts Ontārio Transporta ministrijā. Tā veidotāji ievēroja, ka nodilumu bez materiāla fragmentācijas daudz labāk var novērot ūdens klātbūtnē nekā sausam paraugam (Phillips, 2000). Paraugu piesūcināšana ar ūdeni arī ir galvenā atšķirība, salīdzinot ar Losandželosas testu. Vēl atšķirīgs ir Mikro-Devala testā izmantotais tērauda ložu mazais izmērs, bet lielais skaits. Kaut gan pietiekoši daudzu pētījumu rezultāti norāda, ka Mikro-Devala tests daudz labāk atspoguļo dolomīta šķembu nodilumizturību, šis tests Latvijā ir reti izmantots.

Testēšanai paredzēto šķembu izmēri pasaulē un arī Eiropā nav vienādi, tie mainās, gadu gaitā modificējoties prasībām. Pastāv dažādas testēšanas metodes: testēšana ar/bez ūdens pievienošanas testēšanas laikā, un ar/bez paraugu mērcēšanas pirms testēšanas, ar 2000 g, 4000 g un 5000 g ložu.

Piemēram, līdzīgi kā Losandželosas testam, pēc Lielbritānijas standartiem (BS EN 1097-1) arī Mikro-Devala testā lieto 40 mm, 31,5 mm, 14 mm, 10 mm un 1,6 mm sietus (6.3.

tab.), toties ASV un Kanādā (ASTM E11) tiek izmantoti 19 mm, 16 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 6,3 mm, 4,75 mm un 1,18 mm sieti. Diemžēl, LU ĢZZF Iežu pētījumu laboratorijā nav pieejams testēšanas siets 14 mm, tādēļ tā vietā maģistra darba pētījuma ietvaros tika izmantots tuvākais pieejamais – 20 mm siets. Sekojoši, testēšana veikta nevis 10-14 mm lielām dolomīta šķembām (6.3. tab., a), bet gan dolomīta šķembām 10-20 mm izmēra robežās, ar ūdens pievienošanu testa laikā un ar mērcēšanu pirms testēšanas, lai atspoguļotu pēc iespējas tuvāku vidi, kādā šķembas nonāk, tās izmantojot āra apstākļos Latvijā.

6.3. tabula

Mikro-Devala testa parametru salīdzinājums standarta (a,b) frakcijām (tulkojusi autore, izmantojot Erichsen et al., 2011)

Testa procedūra	Mikro-Devala tests ^a	Mikro-Devala tests ^b
Standarta frakcijas izmērs	10–14 mm	31,5–50 mm
Sadalījums	Vai nu 30–40% < 11,2 mm, vai 60–70% < 12,5 mm	>40 mm: 5 000 ± 50 g <40 mm: 5 000 ± 50 g
Parauga lielums	500 ± 2 g	10 000 ± 100 g
Ložu daudzums	-	-
Ložu masa	5 000 ± 5 g	-
Ūdens izmantošana testā	2,5 ± 0,05 l	2.0 ± 0.05 l
Cilindra rotēšanas ātrums	100 ± 5 rpm	100 ± 5 rpm
Apgriezienu skaits (laiks)	12 000 ± 10 (120 min)	14,000 ± 10 (140 min)
Rotējošās vārpstas	2	2
Siets	1,6 mm	1,6 mm
Testa agregāts		
Cilindra iekšējais diametrs	200 ± 1 mm	200 ± 1 mm
Cilindra iekšējais garums	154 ± 1 mm	400 ± 2 mm
Cilindra biezums	3 mm	3 mm
Plaukts (cilindra iekšpusē)	-	-
Katras lodes diametrs	10 ± 0.5 mm	-
Katras lodes masa	-	-

Pētījumam izmantota LU ĢZZF Iežu pētījumu laboratorijā pieejamā *infraTest*[®] 42-0630 iekārtu (6.4. att.), kuras parametri atbilst LV EN 1097-1 standartam. Paraugu sagatavošana atbilstošajiem izmēriem tika veikta ar *CONTROLS* laboratorijas iežu drupinātāju, kas sadrupina iezi frakcijā no 5 līdz 15 mm, pēc tam tos sijājot caur 10 un 20 mm sietiem un atlasot testējamo paraugu ar masu 500±2 g. Testējamais paraugs tika mērcēts traukā kā minimums 1 stundu, to pārlejot ar 2±0,05 litru 20±5° C siltu krāna ūdeni. Ar ūdeni piesūcinātais materiāls tiek iebērts testēšanas iekārtas cilindrā (6.4. att.: B) un tam pievienoti 2,5±0,05 l ūdens un 5 000±5 g tērauda ložu. Cilindru noslēdz ar vāku, cieši pievelk tā skrūves (svarīgi ir tās pievilkt ar līdzīgu spēku) un liek cilindru atpakaļ iekārtā. Iekārtas monitorā uzstāda 12 000 apgriezienus (cilindrs automātiski griezīsies ar nepieciešamo ātrumu) un nospiež zaļo (*start*) pogu.



6.4. attēls. Mikro-Devala testa iekārta (A), cilindrs ar šķembu un ložu pildījumu (B) un atlikums 1,6 mm sieta (C) (autores fotogrāfijas)

Kad iekārta ir apstājusies, attaisa tās vāku un izņem cilindru un tā saturu un uzmanīgi visu tā saturu izlej uz 1,6 mm sieta. No atlikuma izlasa tērauda lodes un nomazgā tās. Ložu nodalīšanai būtu lietderīgi izmantot magnētu, diemžēl tāds laboratorijā nebija pieejams. Atlikušo paraugu mazgā uz minētā sieta (6.4. att.: A) un žāvē $110 \pm 5^\circ \text{C}$ temperatūrā līdz konstantai masai un visbeidzot to nosver. Tiek izmantoti svāri ar precizitāti līdz 0,1 g.

Mikro-Devala koeficientu (M_{DE}) aprēķina pēc šādas formulas:

$$M_{DE} = 500 - m/5,$$

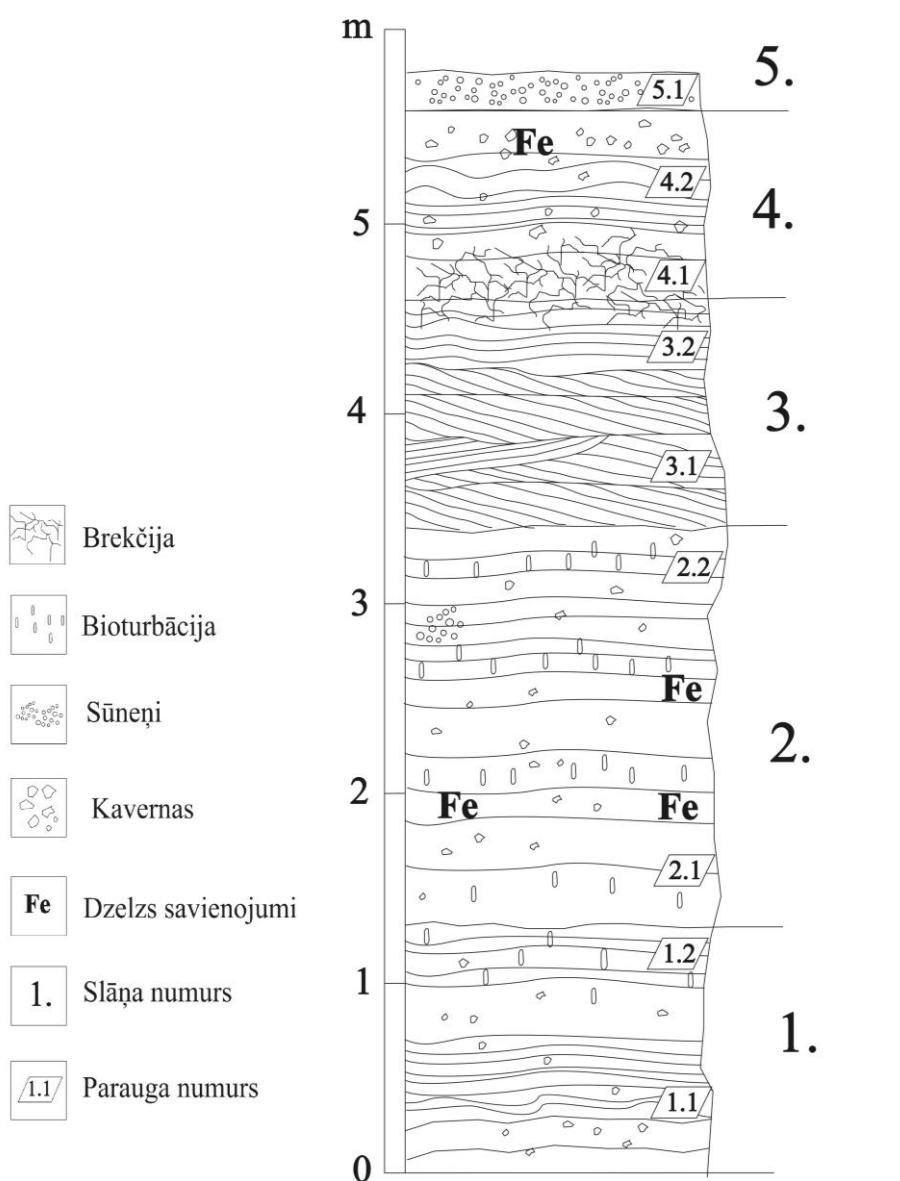
kur M_{DE} - Mikro-Devala koeficients (mitrā stāvoklī) un m – atlikums uz 1,6 mm sieta, gramos. Rezultātu noapaļo līdz nākamajam veselajam skaitlim.

Ja izmanto divus dažādus paraugus, tad tiem tiek aprēķināta vidējā M_{DE} koeficienta vērtība (BS EN 1097-1, LV NE 1097-1:2013).

7. REZULTĀTI

7.1. Iecavas dolomīta atradne

Kā jau minēts, pirmais objekts maģistra darba lauka darbu laikā tika apmeklēta valsts nozīmes dolomītu atradne Iecava (bieži saukta par *Akmenscūciņām*), kas atrodas Ozolnieku novada Salgales pagastā. Darbā aprakstītās Iecavas atradnes atseguma sienas augstums ir aptuveni 6 m. Griezumā pēc ieža struktūras, tekstūras un sastāva nodalīti pieci dolomīta slāņi (7.1. att). Slāņu numerācija sāka no griezuma apakšas.

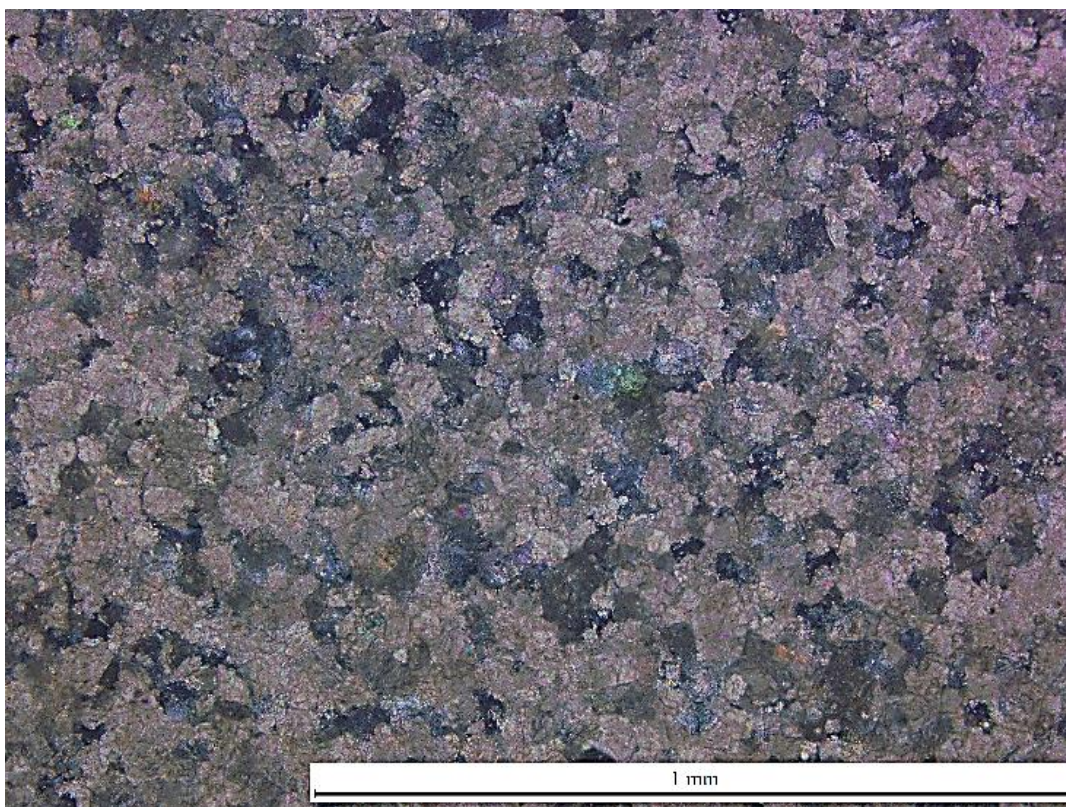


7.1. attēls. Stipinu svītas ģeoloģiskais griezumā Iecavas dolomīta atradnē (sastādījusi autore)

1. slānis, 0,0-1,6 m: dolomīts tumši pelēks, zemjains (mālainis), ļoti smalkkristālisks līdz smalkkristāliskam.

Dolomīts ir plātņains, plātņu biezums vidēji 4,5–20 cm biezumā. Novērojamas bagātīgas organismu atliekas, kā arī vertikāla bioturbācija (aptuveni 5%), kas palielinās virzienā uz augšu. Uz dolomīta slānīšu virsmām novērojamas māla kārtiņas, kas, domājams, uzkrājušās plūdmaiņu ietekmē. Slāņa apakšējā daļā tekstūra haotiska, vidējā daļā – sīks, horizontāls slīpslāņojums, un slāņa augšējā daļā novērojamas mazas (līdz 1 cm) kavernas. Mehāniski mazizturīgs līdz vidēji izturīgs dolomīts.

No šī slāņa dolomītiem izgatavotajā 1.1.I plānslīpējuma novērojams ļoti smalkkristālisks līdz smalkkristāliskam dolomīts ar kristālu izmēriem no 0,02 līdz 0,05 mm, vidēji 0,03 mm (7.2. att.). Kristāli ir hipidomorfi un ksenomorfi, to saaugums nav ciešs, neregulārs. Bieži novērojama situācija, kad tikai aptuveni pusei no kristāla ir ciešs kontakts ar blakus esošo kristālu, bet pārējo daļu aptver tukšums (poras, kavernas). Kristāli nav dzidri, to krāsa ir pelēcīga un brūngana. Iezis ir porains – līdz pat 10%, kā arī redzamas kavernas līdz 2 mm izmērā. Lielākoties tās nav aizpildītas. Novērojami daži drupu graudi, vidēji 0,03 mm izmērā.



7.2.. attēls. Plānslīpējuma mikrofotogrāfija: ļoti smalkkristālisks līdz smalkkristālisks, porains dolomīts. Iecavas dolomītu atradne, 1. slānis, 1.1.I paraugs, ar analizatoru (autores foto)

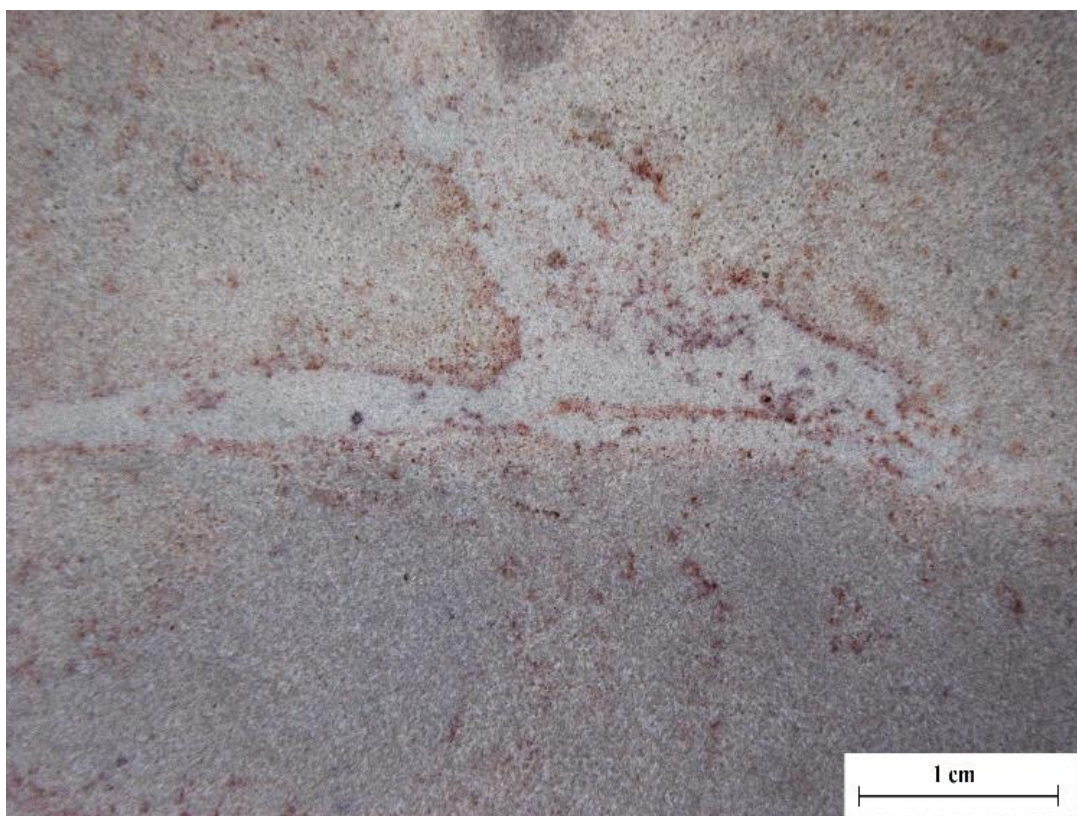
1.2.I plānslīpējumā novērojams ļoti smalkkristālisks līdz smalkkristālisks, gaišas krāsas dolomīts ar kristālu izmēriem vidēji 0,04 mm. Kristāli ir ksenomorfi, to saaugums ir neregulārs - līdzīgi, kā paraugam 1.1.I, bieži daļai no kristāla ir ciešs kontakts ar blakus esošo kristālu, bet pārējo daļu aptver tukšums (poras, kavernas). Tās kristālu malas, kas robežojas ar porām vai kavernām, ir gludākas un kristālam pašam ir rombveida (pareizāka) forma, jo kristālam ir bijusi telpa, kur veidoties. Reizēm novērojama kristālu zonalitāte – ap tumšākiem kodoliem novērojama caurspīdīga apmalīte. Iezis ir ļoti porains – līdz 10%, kristāli nav dzidri, to krāsa ir pelēcīga un brūngana. Tāpat novērojami daži drupu graudi, vidēji 0,03 mm izmērā.

2. slānis, 1,6-3,4 m: dolomīts, pelēcīgs un sarkanīgs, joslains, zemjains, ļoti smalkkristālisks līdz smalkkristāliskam.

Dolomīts ir biežplātņains, mehāniski vidēji izturīgs līdz izturīgam, lielākoties viendabīgs, marmorveida. Plātņu biezums samazinās virzienā uz augšu, kur parādās sīkas, paralēlas caurulītes bez aizpildījuma (domājams, sūkļi). Bioturbācija novērojama zonāli (līmeņos), vietām sasniedzot 10% – iespējams, tā norāda uz jūras transgresiju. Atsevišķos gadījumos novērojamas melnas zivju fosilijas. Novērojamas sārtas, punktveida josliņas, ko veido pa ieža virsmu nevienmērīgi izkliedēti Fe^{3+} savienojumi. Pēc lauka apstākļos veiktā novērtējuma iezis ir mehāniski vidēji izturīgs.

No šī slāņa dolomīta izgatavotajā 2.1.I plānslīpējumā novērojams ļoti smalkkristālisks līdz smalkkristāliskam gaiši pelēks dolomīts ar rūsganām (reizēm sārtām) horizontāli vērstām dzīslīņām (7.3. att.). Dzīslīņas veido Fe^{3+} oksīdi-hidroksīdi, kas, spriežot pēc tumšiem sabiezējumiem šo sakopojumu vidū, veidojušies dzelzs sulfīdu oksidēšanās rezultātā. Šie savienojumi ir izvietoti uz mazāk poraino un poraino iecirkņu malām. Tas varētu liecināt par to, ka dzelzs klātbūtne nogulās ir bijusi jau pirms dolomitizācijas procesa, kas, domājams, ietekmē dolomīta mehānisko izturību.

Dolomīta kristālu izmēri ir 0,01–0,1 mm un to kontakts ir neregulārs. Līdzīgi kā 1. slānī, apmēram pusei no kristāliem ir ciešs kontakts ar blakus esošo kristālu, bet pārējo daļu aptver tukšums (poras, kavernas), un tās kristālu malas, kas robežojas ar porām vai kavernām, ir gludākas un kristālam pašam ir rombveida (pareizāka) forma, jo kristālam ir bijusi telpa, kur veidoties. Lielākoties dolomīta kristāli ir ksenomorfi, bet vietās, kur dolomīts ir poraināks, tie ir hipidomorfi (atsevišķos gadījumos pat idiomorfi). Ieža porainība ir līdz 8%. Redzama gaišākas krāsas un tumšākas krāsas iecirkņu mija. Tumšākajos iecirkņos ir iespējams organiskās vielas piejaukums. Novērojami arī pāris pirīta kristāli.



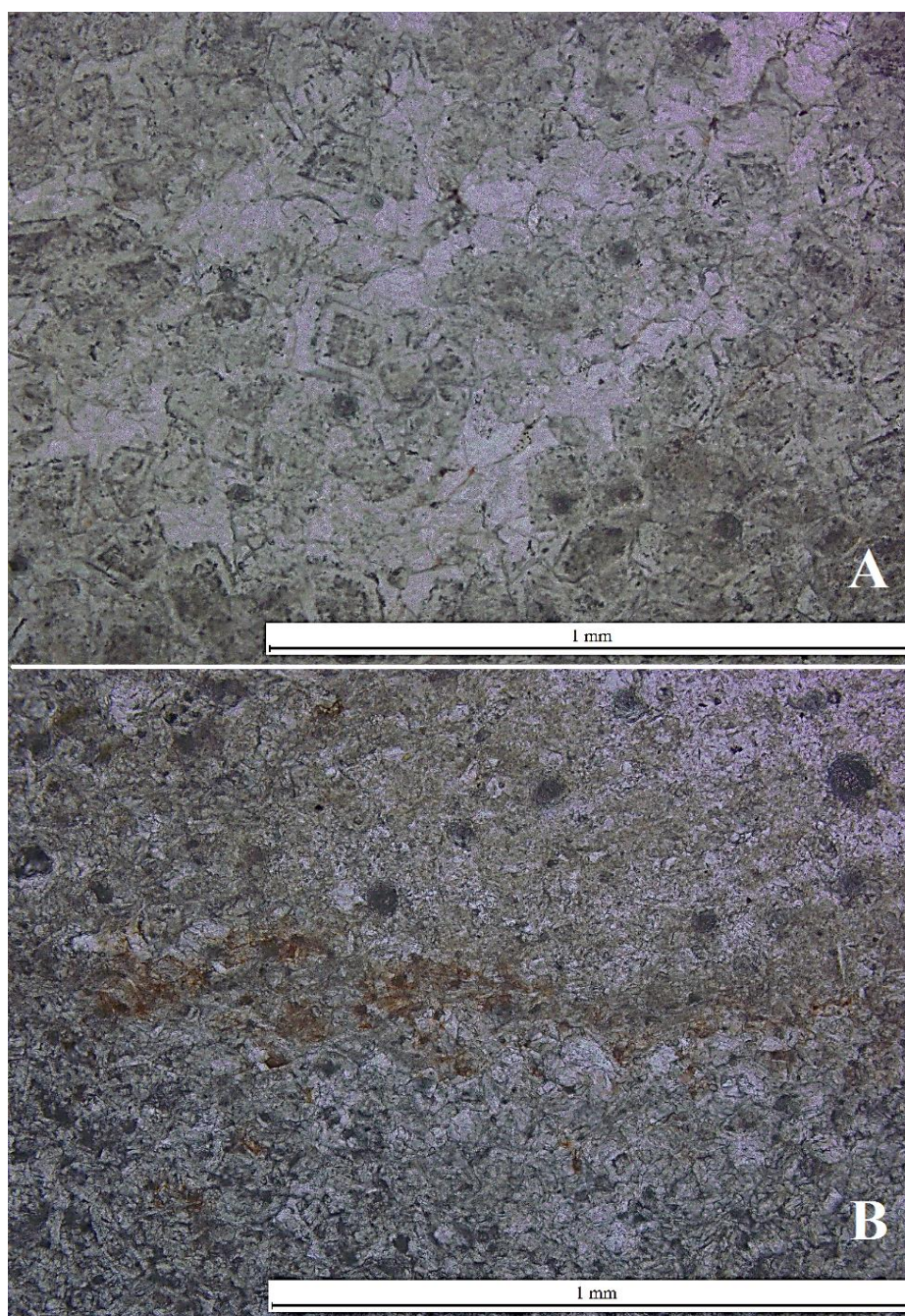
7.3.. attēls. Makroparauga fotogrāfija: ļoti smalkkristālisks līdz smalkkristālisks dolomīts ar sarkanīgām Fe^{3+} savienojumu josliņām. Iecavas dolomītu atradne, 2. slānis, 2.1.I paraugs (autores foto)

2.2.I plānslīpējuma arī novērojams ļoti smalkkristālisks līdz smalkkristālisks, gaiši pelēkas krāsas dolomīts ar sarkanīgas krāsas savienojumu piejaukumu un kristālu izmēriem vidēji 0,03 mm. Kristāli ir ksenomorfi un hipidomorfi (vietās, kur ir poras un kavernas) un saaugums tiem ir neregulārs. Apmēram pusei no kristāla ir ciešs kontakts ar blakus esošo kristālu, bet pārējo daļu aptver tukšums (poras, kavernas). Iezis ir porains – līdz 5%. Visā paraugā novērojama Fe^{3+} oksīdu-hidroksīdu klātbūtne. Reizēm tie parādās zonāli – horizontāla dzīslojuma veidā, reizēm izkaisīti. Makroparaugā var novērot sarkanīga slāņa miju ar dzeltenīgāka slāņa miju.

3. slānis, 3,4-4,7 m: dolomīts sīkplātņains, smalkkristālisks līdz rupjkristāliskam (7.4. att.).

Šo slāni veido brūnas nokrāsas kvarcītveida un pārejas no kvarcītveida uz marmorveida dolomīti. Iežu īpašības šajā slānī mainās izteikti vertikāli. Novērojama porainu un kavernožu (šķīstot fosilijām) slāņu mija, kas norāda, ka ir mainījušies nogulu sedimentācijas apstākļi. Plātņu (pēc skaita 29) biezumi ir mazi - no 2 līdz 9 cm. Dolomītiem ir izteikts slīpslāņojums, slīpslāņoto sēriju biezums ir līdz 20 cm. Vietām redzama plāna mālu kārtiņa uz virsmām.

Blīvākie dolomīta horizonti ir slāņa apakšējā daļā. Tur tiem ir sārta, tumši pelēka krāsa ar melnas nokrāsas dolomīta parādīšanos. Apakšējā daļā novērojams muldveida slīpslāņojums. Slāņa augšējā daļā ir brekcija (iespējams, žūšanas rezultātā). Iezis ir mehāniski vidēji izturīgs.



7.4. attēls. Plānslīpējumu mikrofotogrāfijas: A - hipidomorfi un idiomorfi dolomīta kristāli ar izteiktu zonalitāti; B - rūsganas krāsas, šķiedrainas uzbūves māla slānītis, virzienā uz kuru dolomīta kristāliem ir pareizāka forma. Iecavas dolomītu atradne, 3.slānis, 3.1.I un 3.2.I paraugi. Abi attēli bez analizatora (autores foto)

3.1.I plānslīpējumā novērojams smalkkristālisks līdz rupjkristāliskam, tumši pelēcīgs dolomīts. Dolomīta kristālu izmēri vidēji ir 0,15 mm. Kristāli ir hipidomorfi un idiomorfi un to

saaugums lielākoties ir ciešs. Kristālu lielums un forma liecina par brīvu un lēnu augšanu. Bieži novērojama kristālu zonalitāte (7.4. att.: A), kas norāda uz dolomīta veidošanos vairākās stadijās. Kodola centrā parasti ir tumšākas krāsas dolomīts (ar piejaukumiem), kas atbilst idiomorfa dolomīta formai. Tam ir viena vai vairākas dzirdas, pareizas formas apkārtējās zonas, kuras savā starpā atdala melni, punktveida ieslēgumi. Iezis ir porains (līdz 5%), kā arī novērojamas kavernas – līdz 1,5 mm lielumā. Dolomīts ir mehāniski vidēji izturīgs.

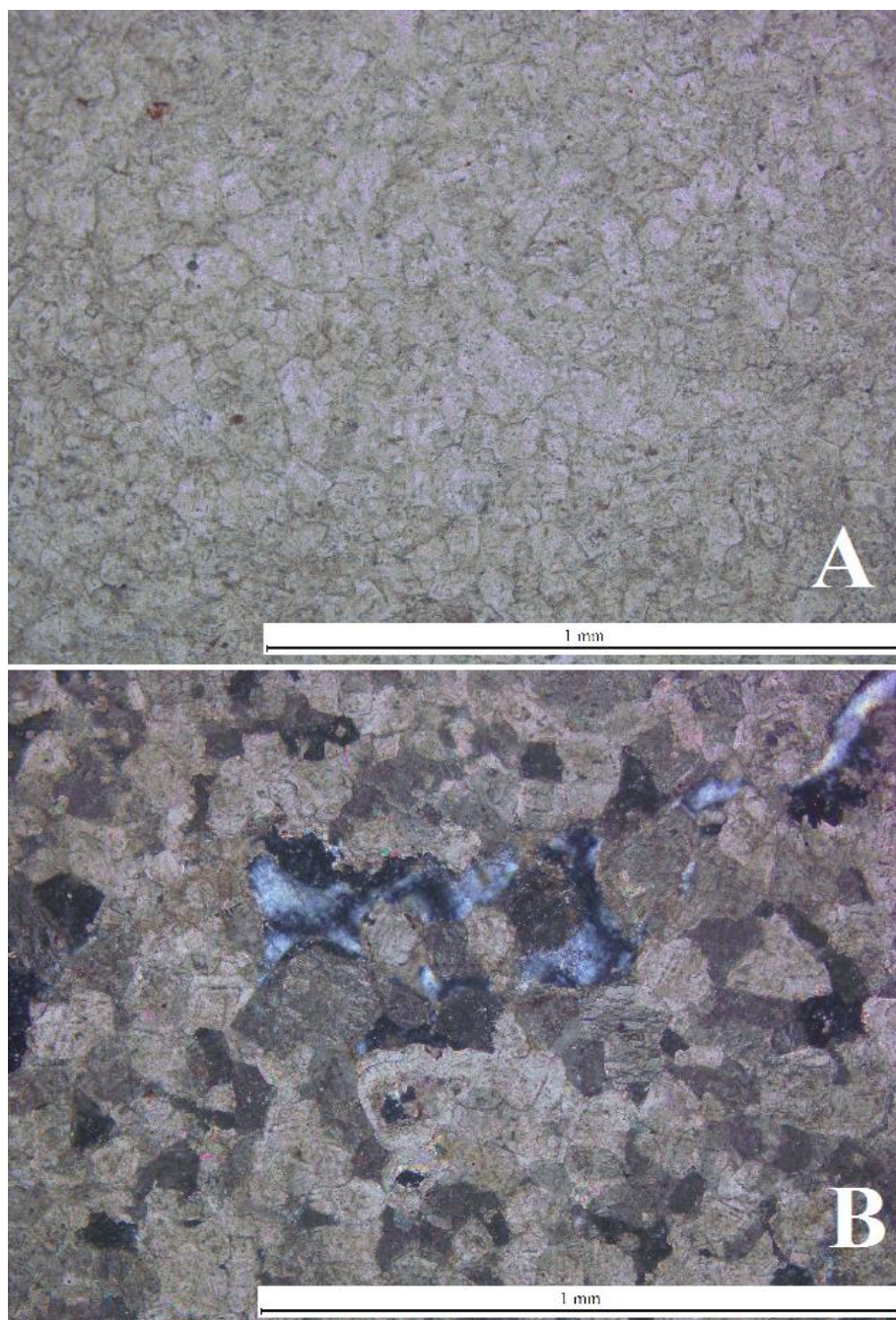
3.2.I plānslīpējumā redzams vidējkristālisks, tumši pelēcīgs dolomīts ar kristālu izmēriem vidēji 0,1 mm. Paraugā novērojama dažādu kārtiņu mija: tumšākas krāsas dolomīts ar organisko vielu piejaukumu un lielākiem, hipidiomorfiem, vietām arī zonāliem kristāliem ar ciešu saaugumu mijas ar gaišākas krāsas (attiecīgajā makroparaugā krāsa ir gandrīz balta) dolomītu ar lielu mālaino daļiņu piejaukumu, mazākiem, ksenomorfiem kristāliem ar lielāku poru daudzumu (7.4. att.: B). Fe^{3+} oksīdu-hidroksīdu klātbūtne novērojama kā rūsganas krāsas apgabali ap plaisām un kavernām. Ieža porainība – līdz 5%.

4. slānis, 4,7-5,6 m: dolomīts krāsains, kavernozs, smalkkristālisks (7.5. att.).

Šo slāni veido sarkanbūns, tumši sārts vai pelēks ar sārti violetu nokrāsu apdarē izmantojamais dolomīts. Iezis ir sīkporains un kavernozs, tomēr mehāniski ļoti izturīgs. Kavernas lielākoties ir tukšas un brahiopodu čaulu formā, kas liecina par to izveidi attiecīgo fosiliju šķīšanas dēļ. Atsevišķas kavernu sienīņas klātas ar dolomītmiltiem vai sīkiem kalcīta kristāliņiem. Novērojamas arī stromatoporu un gliemežu fosilijas, kas atrodas dzīves pozīcijā, tādēļ norāda uz šiem organismiem labvēlīgiem dzīves apstākļiem – seklu, siltu ūdeni ar normālam tuvu sāļumu. Brahiopodu čauliņu daudzums pakāpeniski samazinās virzienā uz augšu.

Plātņu biezums ir no 18 cm līdz 40 cm (slāņa augšdaļā). Novērojams liels violetas nokrāsas Fe^{3+} oksīdu-hidroksīdu daudzums, lielākoties ap porām un kavernām. Tekstūra viendabīga, vietām sīks, horizontāls un viļņots slāņojums. Slāņa apakšējo daļu veido brekčijveida dolomīts ar lielu dzelzs savienojumu piejaukumu. Brekčijas pamatmasu veido nekonsolidēti mālaini karbonātiski nogulumi, tās apakšējā un augšējā robeža, kā arī iekšējā uzbūve ir neregulāras, tādēļ visticamāk tā veidojusies pleistocēna ledāja bīdes ietekmē.

No šī slāņa tika ievākti divi paraugi plānslīpējumu izgatavošanai, diemžēl 4.1.1 parauga izteiktās kavernoziatē dēļ, pielietojot arī impregnēšanu, plānslīpējumu neizdevās uztaisīt.



7.5. attēls. Plānslīpējumu mikrofotogrāfijas: A – ksenomorfi (vietām hipidomorfi) dolomīta kristāli ar ciešu saaugumu; B – kristālu zonalitāte un šķīšanas pazīmes. Iecavas dolomītu atradne, 3.slānis, 4.1.I paraugs, A - ar analizatoru; B – bez analizatora (autores foto)

4.2.I plānslīpējumā vērojams smalkkristālisks, tumši pelēcīgs dolomīts ar mālainām rozīgas krāsas starpkārtām. Dolomīta kristālu izmēri vidēji 0,1 mm, tie ir ksenomorfi ar ciešu saaugumu (7.5. att.: A). Vietām novērojams arī hipidomorfs dolomīts ar zonāliem kristāliem, kuriem kodola vidus tukšs. Tas liecina par šķīšanas procesiem (7.5. att.:B) – domājams organismu detrīta šķīšanas rezultātā veidojas tukšumi, kas vēlāk tika aizpildīti ar mazāk izturīgu, poraināku, mālaināku, Fe^{3+} oksīdu-hidroksīdiem bagātāku materiālu. Šādu iecirkņu

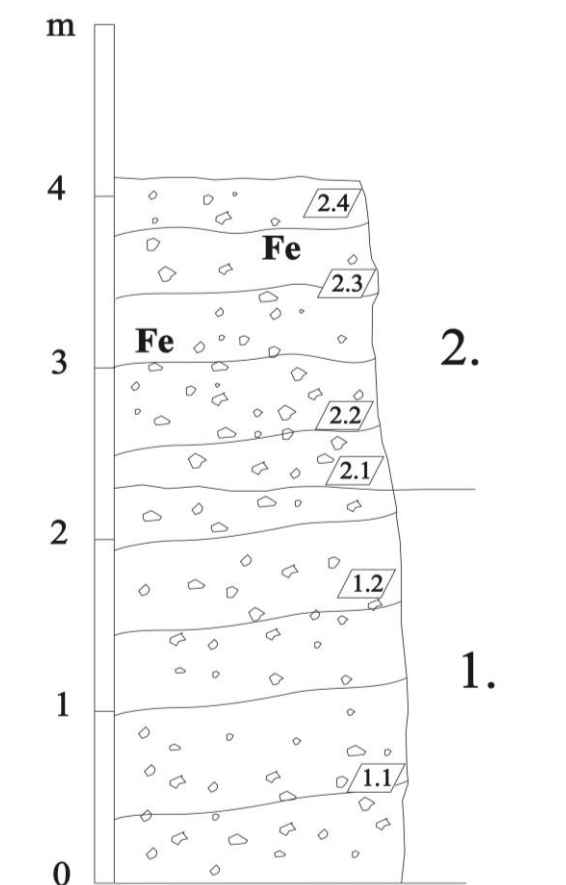
esamība noteikti iespaido dolomīta mehāniskās īpašības. Porainība šajos apgabalos var sasniegt 10%, kā arī novērojamas kavernas.

5. slānis, 5,6-5,8 m: dolomīts gaiši pelēks, daudzveidīgs, ar organismu ejām.

Šis dolomīts veido Stipinu svītas griezuma noslēdzošo daļu Iecavas atradnē. Dolomīta krāsa gaiši pelēka. Bagātīgi novērojamas aptuveni 1 mm lielas tīklveida organismu ejas caurulišu formā, kas, domājams, ir sūneņu atliekas (Сорокин, 1981). Plātņu biezums no 3 līdz 30 cm. Dolomīts atbilstoši lauka apstākļos veiktajam novērtējumam ir mehāniski izturīgs.

7.2. Petrašūnu dolomīta atradne

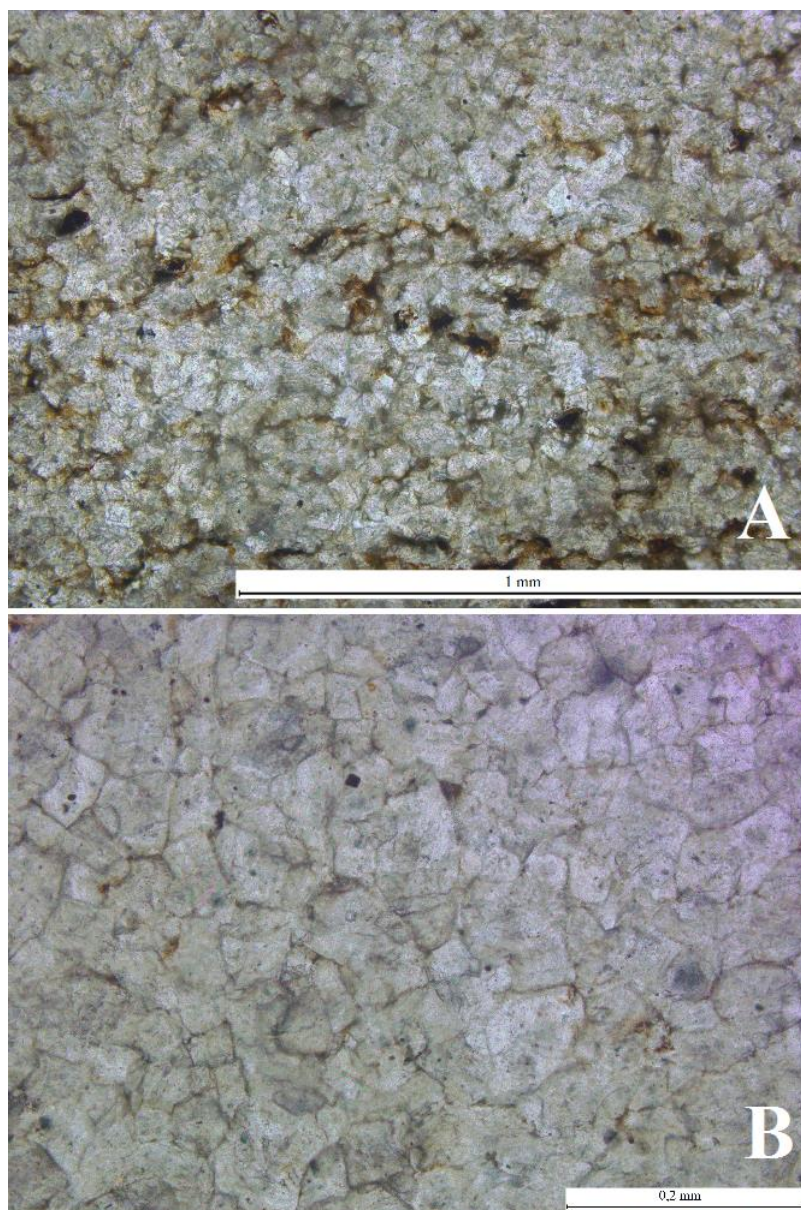
Maģistra darbā aprakstītās Petrašūnu atradnes atseguma sienas augstums ir aptuveni 4 m. Griezumā pēc ieža struktūras, tekstūras un sastāva izdalīti divi dolomīta slāņi (7.6. att.). Slāņu numerācija sāka no griezuma apakšas.



7.6. attēls. Stipinu svītas ģeoloģiskais griezumā Petrašūnu dolomīta atradnē. Apzīmējumi pie 7.1. att. (sastādījusi autore)

1. slānis, 0,0-2,3 m: dolomīts tumši pelēks, kavernozs, smalkkristālisks (7.7. att.).

Dolomītam raksturīga izteikta kavernoziāte. Kavernas lielākoties tukšas, izšķīdušu brahiopodu čaulu vietā. Novērojamas koraļļu un nelielu gliemeņu atliekas, kā arī bagātīgs pēdu fosiliju komplekss. Uz kavernu sienām novērojami dolomītmilti, vietām zaļgana māla piejaukums. Novērojamas dažas mālu lēcas, kā arī pirīta kristāli. Slāņa apakšējā daļā dolomīts ir gabalains, drūpošs, brekčijveida. Spriežot pēc brekčijas vājās konsolidācijas pakāpes un nevienmērīgajām robežām, tā veidojusies pleistocēna ledāja darbības rezultātā. Vidusdaļā ik pa 0,5 m var novērot slīpslāņoto tekstūru. Tā ir veidojusies vai nu ūdens straumju vai viļņu darbības rezultātā (Nichols, 1999), tātad liecina par aktīviem hidrodinamiskajiem apstākļiem. Dolomīts, domājams, ir mehāniski ļoti izturīgs, par ko liecina novērtējums lauka apstākļos.



7.7. attēls. Plānslīpējumu mikrofotogrāfijas: A – ksenomorfi dolomīta kristāli ar ciešu saaugumu un organiskās vielas piejaukumu; B – ksenomorfi dolomīta kristāli ar ciešu saaugumu un piemaisījumiem. Petrašūnu atradne, 1. slānis, 1.1.LT paraugs, bez analizatora (autores foto)

1.1.LT plānslīpējumā novērojams ka šajā slānī ir smalkkristālisks, tumši pelēkas krāsas dolomīts ar kristālu izmēriem vidēji 0,05 mm. Kristāli ir ksenomorfi un to saaugums ir ļoti ciešs. Novērojams organiskās vielas piejaukums tumši brūnā krāsā, kas koncentrējas plānās kārtiņās – veido sīkslāņojumu (7.7. att.). Visai bieži organiskā viela novērojama ap kavernām, kuru lielums svārstās no 0,25 līdz 0,4 mm. Lielākoties tās ir aizpildītas ar gaišiem, pareizas vai pareizākai tuvas formas un lielākiem (0,08-0,12 mm) dolomītu kristāliem nekā dolomīta pamatmasā. Dažas kavernas ir tukšas. Vietās, kur novērojama organiskās vielas klātbūtne, dolomītu kristālu izmērs ir lielāks ~0,8 mm.

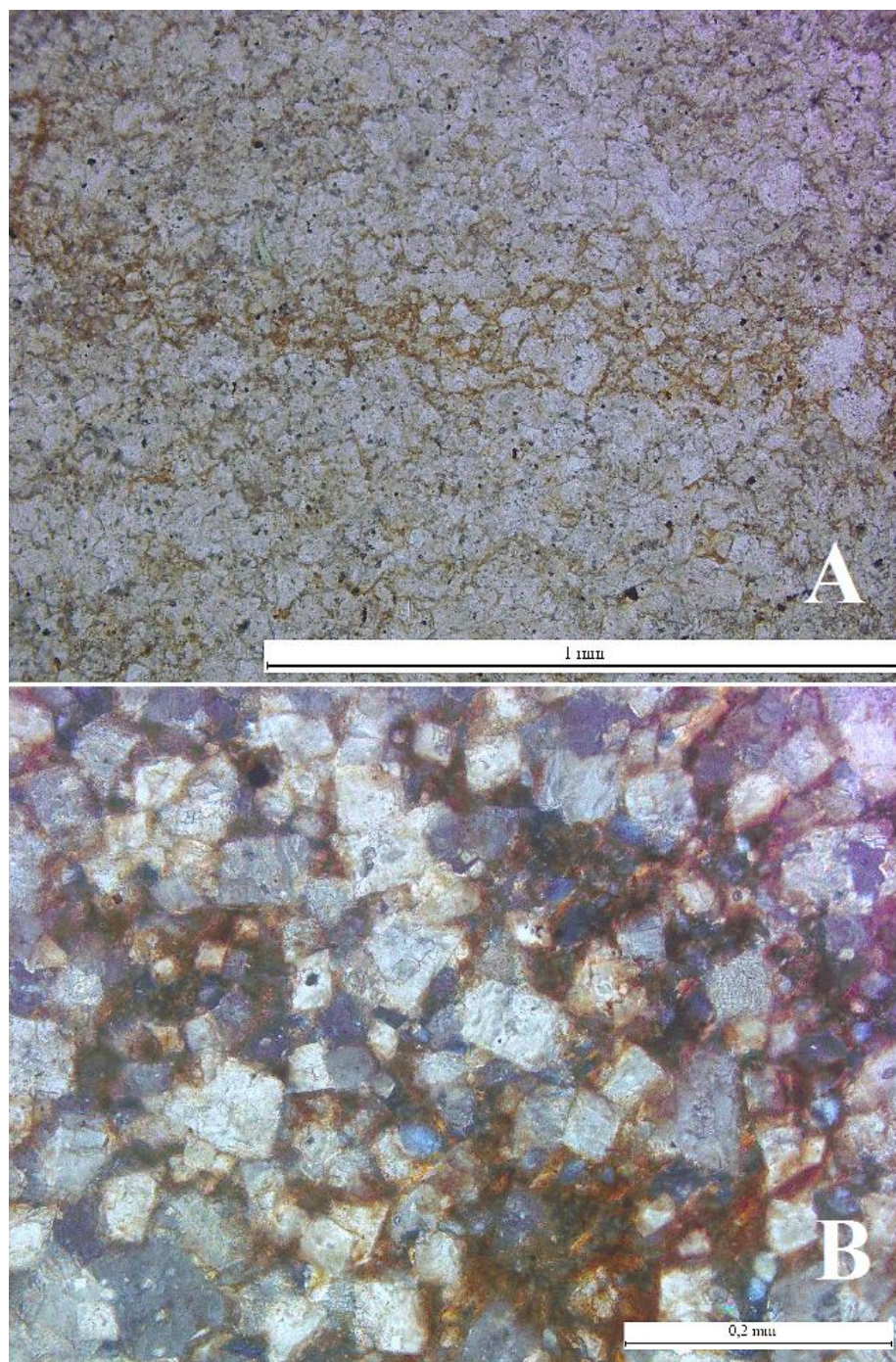
Visai bieži novērojami arī pirīta kristāli – lielākoties tajās pašās vietās, kur organiskā viela. Organiskā viela un pirīta klātbūtne norāda uz vismaz epizodiski pastāvošu anoksisku vidi nogulu uzkrāšanās laikā. Vietām redzami zonāli dolomīta kristāli – tiem ir tumšākas krāsas (ar piejaukumiem) rombveida formas kodols, kam apkārt ir dzidras apmalītes.

2. slānis, 2,3-4,2 m: dolomīts, tumši pelēks, vidēji plātņains, smalkkristālisks līdz vidējkristāliskam.

Šajā dolomītā ir neregulāri (ar ieapaļām kontūrām) tumši brūni lēcveida starpslāņi. Dolomīts, līdzīgi 1. slānim, domājams, ir mehāniski ļoti izturīgs – to ļoti grūti saskaldīt ar āmuru

2.2.LT plānslīpējumā novērojams smalkkristālisks līdz vidējkristālisks pelēcīgas krāsas dolomīts ar kristālu izmēriem no 0,03 līdz 0,15 mm. Kristāli ir ksenomorfi, to saaugums ir ciešs. Novērojams gan organiskās vielas, gan mālu piejaukums plānu kārtiņu formā (7.8. att.). Organiskā viela ir tumši brūnā, tumši pelēkā krāsā, samērā viendabīga, toties māls ir dzeltenīgs, vietām rūsgans, šķiedrainas uzbūves un vietām izdrupis parauga slīpēšanas procesā. Vietās, kur ir mālu piejaukums (bieži kopā ar organisko vielu), dolomīta kristāli ir pareizākas formas (hipidiomorfi). Redzami arī sakoncentrēti dzelzs savienojumi, kam apkārt novērojams māls. Paraugā redzami arī kvarca vai laukšpata drupu graudi.

2.3.LT plānslīpējumā redzams smalkkristālisks līdz vidējkristālisks pelēcīgas krāsas dolomīts ar kristālu izmēru vidēji 0,08 mm. Kristāli pārsvarā ir ksenomorfi, to saaugums lielākoties neregulārs. Novērojams organiskās vielas un mālu piejaukums horizontāli orientētu kārtiņu formā. Organiskā viela ir tumši brūnā, tumši pelēkā krāsā, toties māls ir rūsgans, šķiedrainas uzbūves un vietām izdrupis parauga slīpēšanas procesā. Mālaino piejaukumu daudzums ap 10%. Vietās, kur ir mālu piejaukums, dolomīta kristāli ir pareizākas formas (hipidiomorfi). Novērojami arī drupu graudi.



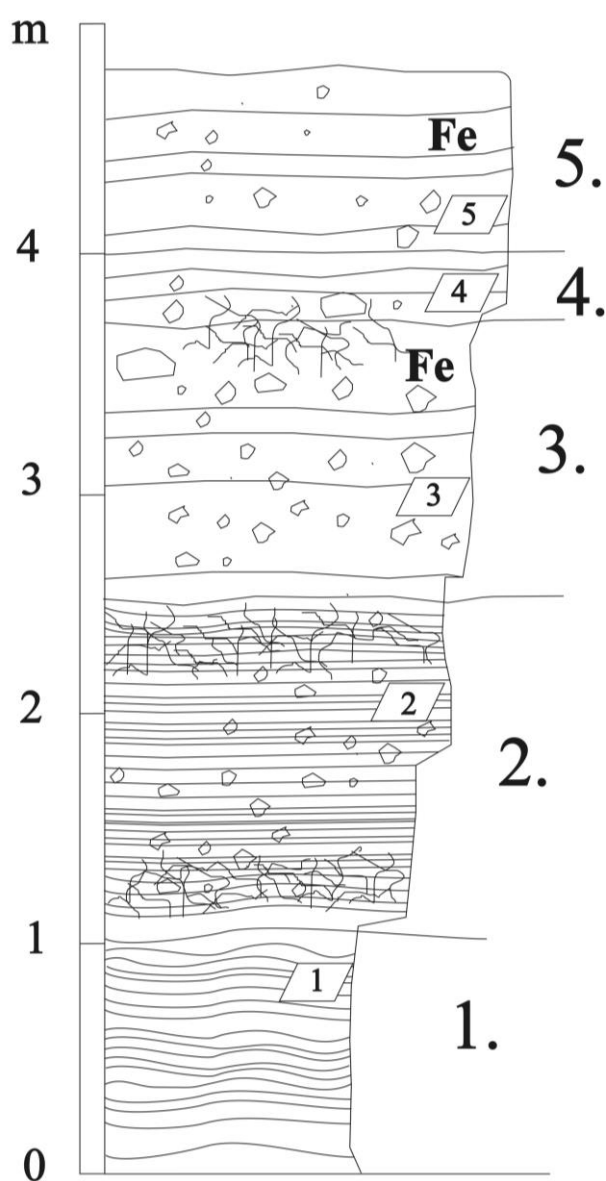
7.8. attēls. Plānslīpējumu mikrofotogrāfijas: A – ksenomorfi (vietām hipidomorfi) dolomīta kristāli ap šķiedrainas uzbūves māla starpslānīšiem, bez analizatora; B - iepriekš minētais lielākā palielinājumā un ar analizatoru. Petrašūnu atradne, 2. slānis, 2.2.LT un 2.4.LT paraugi (autores foto)

2.4.LT plānslīpējumā (7.8. att.: B) redzams smalkkristālisks līdz vidējkristālisks pelēcīgas krāsas dolomīts ar vidējo kristālu izmēru 0,06 mm. Kristāli ir ksenomorfi, vietām hipidomorfi, to saaugums lielākoties neregulārs. Līdzīgi kā pārējiem šī slāņa dolomītu paraugiem, novērojams organiskās vielas un mālu piejaukums horizontāli orientētu kārtiņu formā, kā arī divos lēcveida ieslēgumos. Organiskā viela ir tumši brūnā, tumši pelēkā krāsā, toties māls ir

rūsgans, šķiedrainas uzbūves. Mālaino piejaukumu daudzums ap 10% un vietās, kur ir mālu piejaukums (bieži kopā ar organisko vielu), dolomīta kristāli ir pareizākas formas (hipidiomorfi).

7.3. Jumpravas dolomītu atsegums

Jumpravas atseguma sienas augstums sasniedz gandrīz 5 m. Griezumā pēc ieža struktūras, tekstūras un sastāva nodalīti pieci dolomīta slāņi (7.9. att.). Slāņu numerācija sākta no griezumā apakšas.



7.9. attēls. Stipinu svītas ģeoloģiskais griezumā Jumpravas atsegumā. Apzīmējumi pie 7.1. att. (sastādījusi autore)

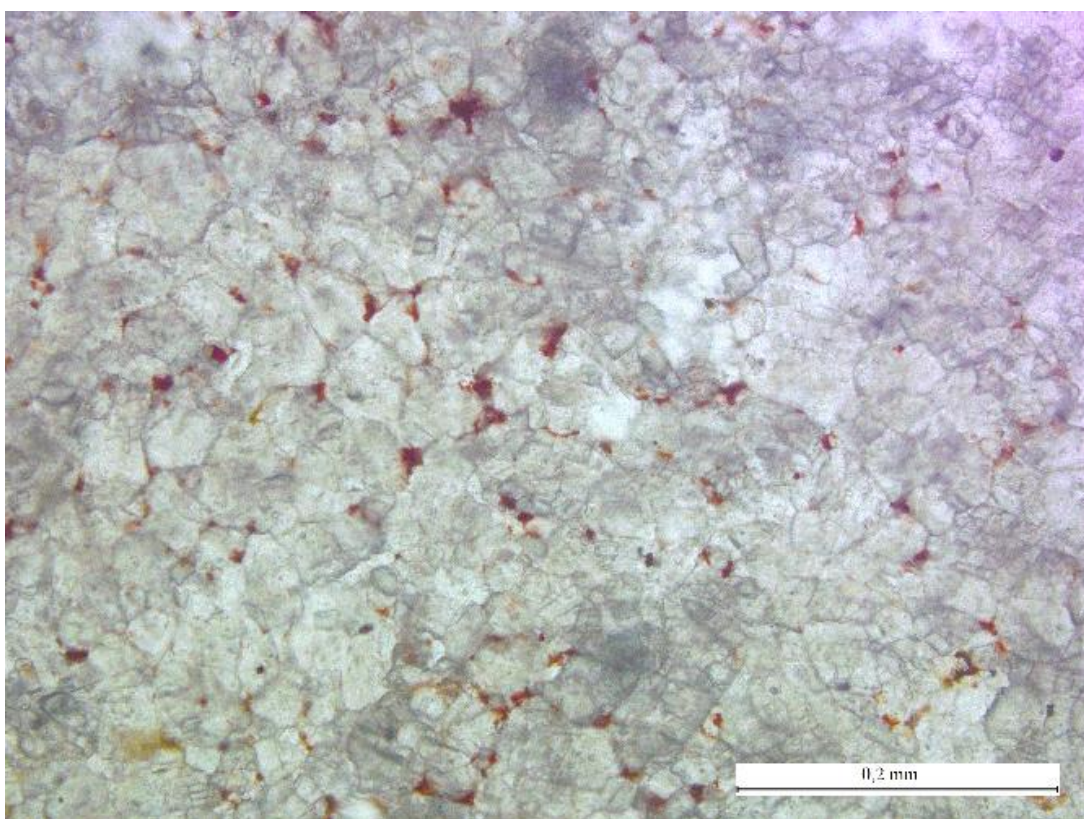
1. slānis, 0-1,0 m: dolomīts nedaudz mālains, plātņains.

Dolomīta plātņu biezumi mainās no 4 līdz 12 cm; plātņu virsmas atbilst arī slāņu virsmām, uz tām sastopams viļņu ripsnojums, kas liecina par seklu ūdeni un viļņu darbību. Mālu proporcija līdz 1%. Kavernu un fosiliju šajā slānī ir maz. Dolomīts mehāniski, domājams, ir vidēji izturīgs.

2. slānis, 1,0-2,5m: dolomīts pelēks, kavernozs, smalkkristālisks.

Dolomīts ir gaiši pelēcīgs, tā plātņu izmēri variē no 2-5 cm slāņa augšdaļā līdz 9 cm slāņa augšdaļā. Iezis ļoti kavernozs – tajā ir izšķīdušas brahiopodu čaulas un stromatoporas. Pēdējās norāda uz rifam līdzīgiem apstākļiem un aktīvu hidrodinamisko režīmu (Flügel, 2004). Slāņa apakšējā daļa brekcijveida, kas, līdzīgi citos objektos apskatītajiem piemēriem, norāda uz aktīvu pleistocēna ledāja darbību. Dolomīts, domājams, ir mehāniski vidēji izturīgs.

2.j plānslīpējumā novērojams smalkkristālisks, vienmērīgs, gaišs dolomīts. Dolomīta kristālu izmēri ir 0,03–0,08 mm, vidēji 0,05 mm, tie ir ksenomorfi ar ciešu kontaktu. Vietām novērojama rūsganu Fe^{3+} oksīdu-hidroksīdu klātbūtne (7.10. att.), kā arī pirīts un drupu graudi. Iezis porains - līdz 5%.



7.10. attēls. Plānslīpējuma mikrofotogrāfija: ksenomorfi dolomīta kristāli ar dzelzs savienojumiem starp tiem. Jumpravas atsegums, 2. slānis, 2.j paraugs, bez analizatora (autores foto)

3. slānis, 2,5-3,7 m: dolomīts biežplātņains, kavernozs, smalkkristālisks.

Dolomīts ir kvarcītveida, tā plātņu biezums līdz 50 cm. Iezis ir ļoti kavernozs – vērojamas izšķīdušas brahiopodu čaulas, lielas stromatoporas (līdz 20 cm), to orientācija vietām slāņveidīga, domājams, šīs fosilijas ir pārskalotas aktīvā hidrodinamiskā režīmā. Vietām uz kavernu sienām ir mālainie nogulumi. Kavernoziāte pieaug virzienā uz augšu. Slāņa vidusdaļa ir sīkgabalaina, saplaisājusi (norāda uz aktīvu ledāja darbību). Pēc lauka darbos veiktā novērtējuma dolomīts ir mehāniski izturīgs.

3.j plānslīpējumā novērojams vienmērīgi smalkkristālisks (vietām ļoti smalkkristālisks), gaiši brūnas krāsas dolomīts. Dolomīta kristālu izmēri vidēji ir 0,05 mm, kristāli ir ksenomorfi, ar visai ciešām robežām. Organiskās vielas vai māla piejaukums ir minimāls. Vietām (pārsvārā plaisu un kavernu vietās) novērojams hipidomorfs dolomīts ar lielākiem (līdz 0,1 mm) un zonāliem kristāliem. Tāpat vērojama arī Fe^{3+} oksīdu-hidroksīdu un dažu drupu graudu klātbūtne. Iezis ir porains.

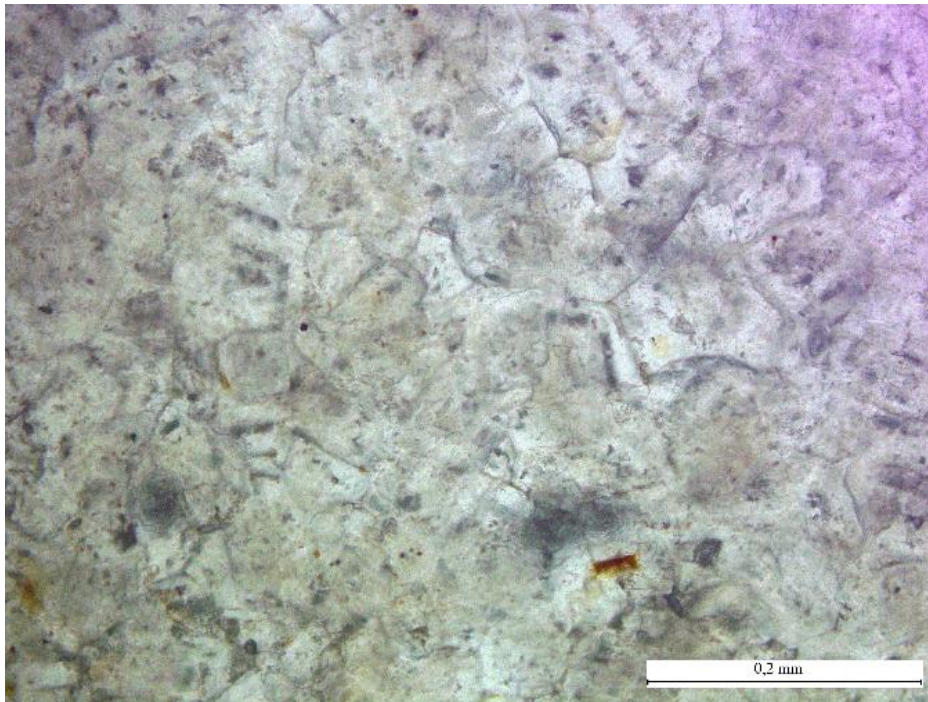
4. slānis, 3,7-3,9: dolomīts plātņains, kavernozs, nedaudz mālains, smalkkristālisks.

Pēc būtības dolomīts ir ļoti līdzīgs 3. slānim, tomēr atšķirībā no tā, kavernās ir novērojama mālu klātbūtne. Plātņu izmēri svārstās no 5 līdz 7 cm, dolomīts, domājams, ir mehāniski izturīgs.

4.j plānslīpējumā novērojams smalkkristālisks līdz vidējkristālisks, gaiši brūns dolomīts. Dolomīta kristālu izmēri ir 0,04–0,12 mm, vidēji 0,1 mm. Kristāli ir ksenomorfi un hipidomorfi, ar ciešām robežām. Visai bieži novērojami zonāli kristāli – tumšākus rombveida formas kodolus aptver dzidras apmalītes un tos atdala melni māla vai dzelzs savienojumu punktveida ieslēgumi (7.11. att.). Vietām novērojama Fe^{3+} oksīdu-hidroksīdu klātbūtne.

5. slānis, 3,9-4,8 m: dolomīts plātņains, kavernozs, nedaudz mālains, smalkkristālisks.

Slānis veido augšējo griezuma daļu Jumpravas atsegumā. To veido nevienmērīgs, plātņains kvarcītveida dolomīts. Plātņu izmēri variē no 10 līdz 22 cm. Iezis ir kavernozs (grūti noteikt izšķīdušos organismus) un mehāniski izturīgs. Būtībā slānis ļoti līdzīgs 3. un 4. slānim.



7.11. attēls. Plānslīpējuma mikrofotogrāfija: ksenomorfi (vietām hipidomorfi), zonāli dolomīta kristāli ar dzelzs savienojumiem starp tiem. Jumpravas atsegums, 4. slānis, 4.j paraugs (autores foto)

7.4. Losandželasas un Mikro-Devala testu rezultāti

Testu veikšanas procedūra aprakstīta jau iepriekš, tomēr jāuzsver, ka lielāks atlikums uz 1,6 mm sieta nozīmē, ka paraugs ir izturīgāks, attiecīgi koeficientu vērtības ir mazākas. Rezultātā redzams (7.1. tab.), ka abos testos vislabākie rezultāti ($LA=20$ un $M_{DE}=15$) ir paraugam, kas iegūts no Petrašūnu atradnes 1. slāņa, kur sastopams tumši pelēks, kavernozs, smalkkristālisks dolomīts. Sekojoši nākošie labākie rezultāti ($LA=24$, $M_{DE}=18$) ir Petrašūnu atradnes 2. slānim (7.12. att.).

Tālu no Lietuvā sastopamajiem Stipinu svītas dolomītiem pēc nodilumizturības neatpaliek arī vecuma analogi, kas sastopami Latvijas teritorijā. Iecavas atradnē vislabākie rezultāti ($LA=25$ un $M_{DE}=18$) ir paraugam, kas ņemts no 4. un 5. slāņa, apvienojot tos. Iecavas atradnes 4. slānī sastopams izteikti krāsainais, kavernozaiss, smalkkristālisks, apdarei izmantojamais dolomīts, bet 5. slānī ir daudzveidīgs gaišas krāsas dolomīts ar bagātīgām organismu ejām. Jāpiezīmē, ka 5. slānis sastāda ne vairāk par 20% no parauga.

Vislielākās vērtības (līdz ar to vissliktākie testa rezultāti) ir Iecavas atradnes pirmajiem diviem slāņiem, kuri izceļas ar paaugstinātu mālainību un jau lauka apstākļos novērotu vidēju mehānisko izturību.

Losandželosas un Mikro-Devala testa rezultāti un aprēķinātie koeficienti (sastādījusi autore pēc saviem datiem)

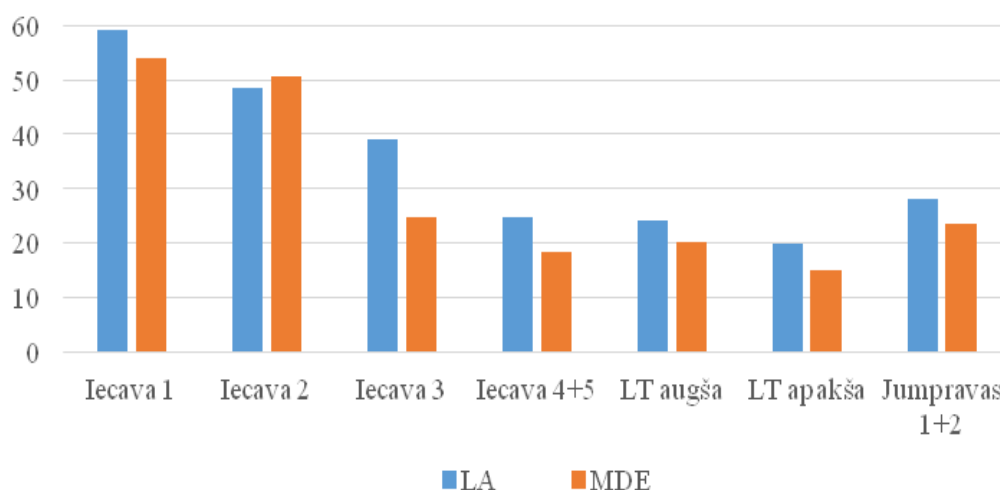
Parauga nosaukums	Losandželosas tests		Mikro-Devala tests	
	Atlikums uz 1.6 mm sieta (g) ¹	LA	Atlikums uz 1.6 mm sieta (g) ²	M _{DE}
Iecava 1	4070.6	59	229.3	54
Iecava 2	5147.1	49	247.1	51
Iecava 3	6081.1	39	376.5	25
Iecava 4+5	7514.8	25	408.8	18
LT augša	7581.8	24	398.6	20
LT apakša	7991.0	20	425.3	15
Jumprava	7514.8	28	382.0	24

¹ – no sākotnējā analizētā parauga apjoma 10000 g; frakcija 35,5-45 mm;

² – no sākotnējā analizētā parauga apjoma 500 g; frakcija 10-20 mm.

Interesanti, ka arī paraugs, ko pārstāv Jumpravas atseguma visu slāņu dolomīti, ir ieguvis augstu rezultātu (LA=28 un M_{DE} =24). Kopumā visiem paraugiem, izņemot Iecava 2, Mikro-Devala koeficienta vērtības ir mazākas.

LA un M_{DE} vērtībām aprēķinātais Spirmena rangu korelācijas koeficients ir +0,95 (datu skaits – 7), sekojoši vērtībām ir funkcionāla pozitīva lineārā sakarība. Datu skaits ir neliels, taču šis korelācijas koeficients ir ļoti augsts, kas liecina par ticamu sakarību.



7.12. attēls. **Losandželosas un Mikro-Devala koeficientu salīdzinājums** (sastādījusi autore pēc saviem datiem)

8. DISKUSIJA

Maģistra darbā devona Stipinu svītas dolomītu fizikālās un mehāniskās īpašības, precīzāk, nodilumizturība, pētīta 3 attālu izvietotos ģeoloģiskajos objektos Latvijā un Lietuvā. Šie pētījumi liecina, ka Stipinu svīta svītas dolomīti ir mehāniski izturīgi un atsevišķos slāņos tie pārspēj par mehāniski visnoturīgākajiem uzskatītos Pļaviņu un Daugavas svītu dolomītus, atbilstoši ģeoloģiskās izpētes darbos iegūtajai informācijai, kas apkopota literatūrā (Stinkule, Stinkulis, 2015). Zināms, ka visbiežāk sastopamās Losandželosas koeficienta vērtības variē no 30 līdz 40 (Stinkule, Stinkulis, 2015), diemžēl pēdējo gadu izpētes darbi nav skāruši Stipinu svītas dolomītus, tāpēc par pētījuma rezultātu precizitāti grūti spriest. Pēc maģistra darba rezultātiem Lietuvā Petrašūnu atradnē sastopamie Stipinu svītas dolomīti gan pēc Losandželosas, gan Mikro-Devala testa rezultātiem pārspēj analogiska vecuma dolomītus Latvijā.

8.1. tabula

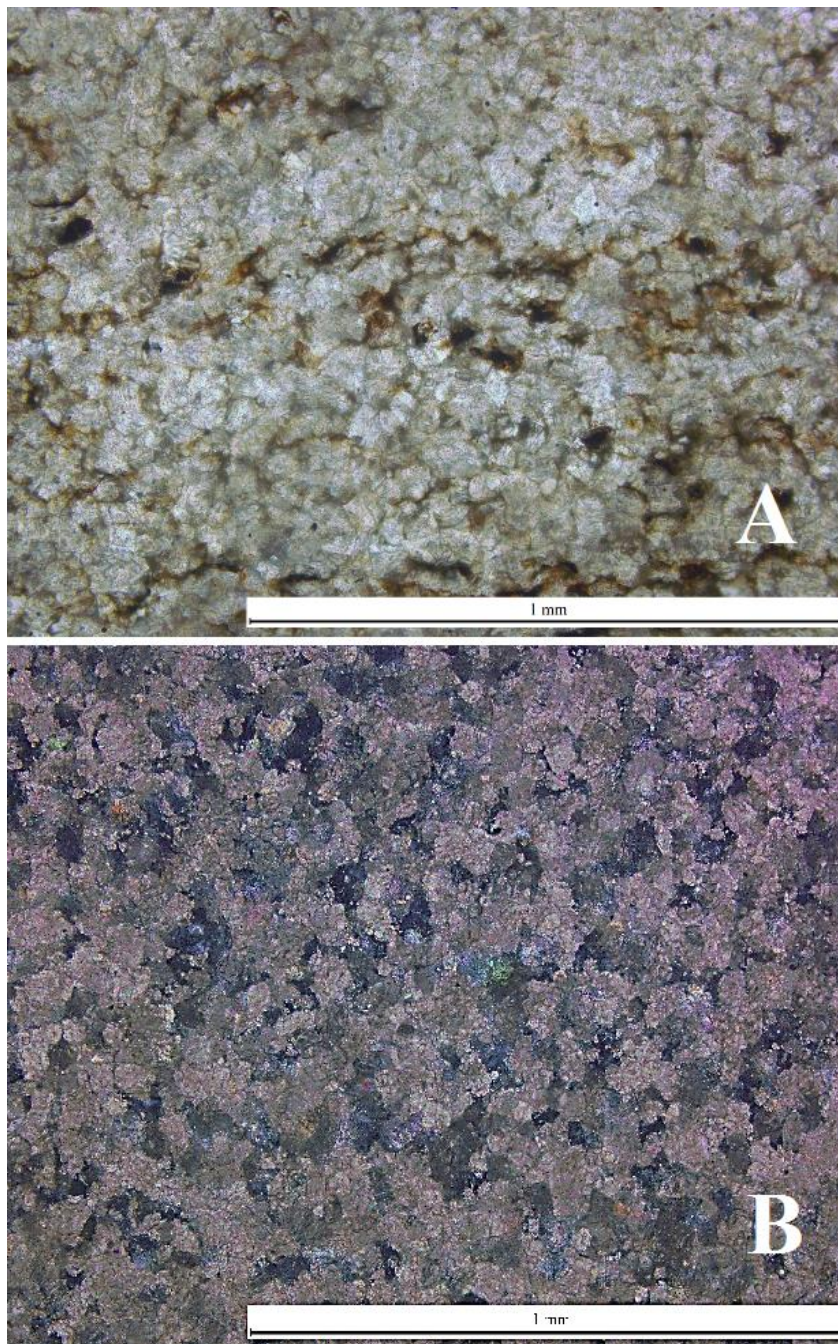
Dolomīta atradnes ar Losandželosas koeficienta (LA) vērtībām zem 30 (sastādīta pēc Stinkule, Stinkulis, 2015 datiem)

Atradne	Izpētes gads	Ģeol. indekss	LA
Jaunsmilktiņas	2010	D ₃ dg	22
Īrisi	2010	D ₃ dg	23
Garupe	2009	D ₃ dg	25
Saulrīti	2010	D ₃ pl	26
Zvejnieki-Liepavoti	2009	D ₃ pl	27
Ločukrosti	2009	D ₃ dg	27
Sienāži	2005	D ₃ dg	28
Lāsītes	2009	D ₃ pl	29

Apskatot Losandželosas un Mikro-Devala testu rezultātus, var secināt, ka vislielākā noturība pret drupināšanas pretestību ir Stipinu svītas dolomītiem Petrašūnu atradnes apakšējā (pirmajā) slānī. Pētot minētā parauga plānslīpējumu, tika secināts, ka dolomīts attiecīgajā slānī ir smalkkristālisks (ar vidējo kristālu izmēru 0,05 mm), dažādiem, ksenomorfiem, ļoti cieši saaugušiem kristāliem (8.1.att.: A). Tāpat novērojama arī kristālu zonalitāte – tumšākas krāsas (duļķainas, necaurspīdīgas) rombveida formas kodols, kam apkārt ir dzidra (caurspīdīga) apmalīte, kura tad arī veido kristālu savstarpējo kontaktu. Makroparaugā redzama tumši pelēka krāsa, kavernoizitāte un svaigā lūzumā (pēc zāģēšanas) tas dzirkstī, jo dolomīts ir tīrs, kristālisks, bez ievērojama māla piejaukuma.

Otrs labākais rezultāts konstatēts Petrašūnu atradnes augšējam (otrajam) slānim, kas no apakšējā atšķiras ar nedaudz lielāku kristālu izmēru (šis ir smalkkristālisks līdz vidējkristālisks), nelieliem dzīslu veida hipidiomorfu kristālu areāliem iezī un nelielu mālaino daļiņu piejaukumu. Par spīti tam, šī slāņa dolomīts joprojām ir ļoti izturīgs. Tas ir izturīgāks gan par

Latvijas teritorijā pētītajiem Stipinu svītas dolomītiem, gan arī literatūrā (8.1. tab.) minētajiem rādītājiem Daugavas un Pļaviņu svītas dolomītiem. Jāpiezīmē, ka šāds secinājums tiek izdarīts, balstoties tikai uz sava darba rezultātiem par Stipinu svītas dolomītu nodilumizturību.



8.1. attēls. Plānslīpējumu mikrofotogrāfijas: A – ksenomorfi dolomīta kristāli ar ciešu saaugumu un organiskās vielas piejaukumu Petrašūnu atradnē, 1. slānis, 1.1.LT paraugs, bez analizatora; B - ļoti smalkkristālisks, porains dolomīts Iecavas atradnē, 1. slānis, 1.1.I paraugs, ar analizatoru (autores foto)

Latvijas teritorijā labākie augstāk minēto testu rezultāti ir Iecavas atradnes 4. un 5. slāņa apvienotajam paraugam. 4. slāņa ieži - krāsainais, kavernozaiss un plātņainais apdares dolomīts – ir dominējošie noņemtajā paraugā. Arī šī slāņa dolomītu plānslīpējumu paraugos konstatēts smalkkristālisks dolomīts ar ksenomorfiem, visai cieši saaugušiem kristāliem. Mazākai

noturībai par iemeslu varētu būt gan mazāk ciešs kristālu saaugums, gan šķīšanas procesu rezultātā izveidojušies tukšumi, kas nākošajā dolomitizācijas etapā aizpildījušies ar mazāk noturīgu, ar dzelzs savienojumiem bagātāku materiālu. Uz šiem procesiem norāda kristālu zonalitāte un dzelzs savienojumu izplatības likumsakarības.

Pēc Losandželosas un Mikro-Devala testa rezultātiem visvājākie dolomīti ir Iecavas atradnes pirmajā slānī (pašā slāņkopas apakšā), kur sastopams pelēcīgs, zemjains, ļoti smalkkristālisks dolomīts ar hipidomorfiem kristāliem un to neregulāru saaugumu (8.1. att.: B). Šī slāņa dolomītu plānslīpējumos novērojama bieža situācija, ka tikai pusei no kristāla ir kontakts (lai arī ciešs) ar blakus esošo kristālu, bet pārējo daļu aptver tukšums (poras, kavernas). Māla starpslānīšu esamību var skaidrot ar ieža veidošanos plūdmaiņu procesu ietekmē - mainīgā hidrodinamiskajā režīmā, ko nosaka paisuma un bēguma straumju nomaiņa ar mierīgiem apstākļiem maksimālā paisuma un minimālā bēguma laikā (Nichols, 1999).

Fakts, ka no Jumpravas atseguma tika noņemts viens paraugs no visas slāņkopas, nav bijis par traucēkli kopumā labiem rezultātiem augstāk minētajos testos. Jumpravas atseguma dolomītu stiprības īpašības, iespējams, var attiecināt uz netālu esošās 1956. gadā izpētītās Mežotnes atradnes dolomītiem. Tur 1956. gadā noteikta spiedes pretestība 32 paraugiem, un vidēji tā ir 108 MPa (Stinkule, Stinkulis, 2015). Dolomītu nodilumizturība tur gan līdz šim nav noteikta. Kā piezīmē minētie autori, iespējams, augsto rādītāju cēlonis meklējams tolaik lietotajā fizikāli mehānisko testu metodikā. Pēc LVĢMC atradņu reģistrā pieejamās informācijas, Mežotnes atradnē 1964. gadā akceptēti 57,26 tūkst. m³ A kategorijas dolomītu.

No augstāk minēto faktu izklāsta var secināt, ka kristālu saaugumam ir ļoti svarīga, ja ne noteicoša, loma ieža noturībā pret drupināšanu jeb to nodilumizturībā. Kristālu formu un saaugumu nosaka ieža veidošanās apstākļi, jo tīras karbonātu sedimentācijas rezultātā izveidojas karbonātieži, kuros pārkristalizēšanās vai dolomitizācijas rezultātā var veidoties cieši saaugoši kristāli bez piejaukumiem to iekšienē. Māla piejaukums dolomītos negatīvi ietekmē to mehānisko izturību. Ļoti liela nozīme ir pēcsedimentācijas procesiem – dolomitizācijai, domājams, pat šī procesa norisei vairākās stadijās, uz ko norāda zonālie dolomīta kristāli. Nav izslēgta dolomīta pārkristalizēšanās procesu ietekme uz kristālu formu un saaugumu. Iecavas atradnes gadījumā dolomīta nodilumizturību ir negatīvi ietekmējuši šķīšanas procesi.

Optimāliem rezultātiem, lai papildinātu mineraloģiski petrogrāfisko raksturojumu, vajadzētu veikt diferenciāli termisko un rentgenstruktūranalīzi, tādejādi gūstot informāciju par minerālu un piemaisījumu daudzumu un sadalījumu, kā arī par dēdēšanas un citu sekundāro izmaiņu izpausmēm (Stinkule, Stinkulis, 2015). Lai pierādītu faktu, ka mehāniski izturīgākie dolomīti ir arī ķīmiski tīrākie (Segliņš, Brangulis, 1996), būtu nepieciešams veikt arī ķīmisko analīzi.

Lai gan daudzi pētnieki (Erichsen et al., 2011; Williams et al., 2005; Senior, Rogers, 1991) visā pasaulē pēdējos gadu desmitus kritizē Losandželosas testa kvalitāti, par pamatu tam liekot faktu, ka šis tests neatbilst lauka apstākļiem, maģistra darba ietvaros ir secināts, ka korelācija starp Losandželosas un Mikro-Devala testa rezultātiem ir ticama un cieša, līdz ar to nav īstas skaidrības, kāpēc Mikro-Devala metode tiek ieteikta kā viena no aizstājējmetodēm. Apgalvojums, ka Mikro-Devala tests parādītu lielāku masas zudumu (Senior, Rogers, 1991) šajā darbā nav apstiprinājies. Jāņem gan vērā, ka maģistra darbā Losandželosas tests ir veikts 2-3 reizes lielākām šķembām (35,5-45 mm) nekā Mikro-Devala tests (10-20 mm), kas var ietekmēt rezultātu sakarības.

Kā galvenā Mikro-Devala testa nepilnība tiek minēts (Williams et al., 2005) rezultātu savstarpējās korelācijas trūkums un limitu trūkums, ko novērojusi arī darba gaitā autore. Nav vienotas sistēmas par metodē izmantojamām agregāta frakcijām, sietiem un mērcēšanas nepieciešamību, kas apgrūtina konkrētā materiāla kvalitātes rādītāju salīdzināšanu. Tomēr, ja šo problēmu atrisina, Mikro-Devala testa izvēle ir loģiskāka Latvijas klimata apstākļiem – humīdajam klimatam, līdz ar to samērā biežajiem nokrišņiem, kā arī lielajai gruntsūdens ietekmei, jo tests notiek mitrā vidē. Tajā pašā laikā, noteikti nav ieteicams paļauties uz viena konkrēta testa rezultātiem, bet tā vietā izmantot dažādu testu kombināciju, piemēram, papildus Losandželosas un/vai Mikro-Devala testam iesaka izmantot tādus testus kā iepriekš jau minētos Nordiskais jeb Ziemeļvalstu (*Nordic*) un magnija sulfāta (*Sulfate Soundness*), kā arī Vienasspiedes pretestības (*Uniaxial compression*) testu (Kahraman, Fener, 2007), un noteikt dolomīta blīvumu. Minēto testu rezultāti un rādītāji labi korelē ar Losandželosas testa rezultātiem.

Iegūtie dati parāda izteiktu Stipinu svītas dolomītu kvalitātes uzlabošanos dienvidu virzienā – no Iecavas un Bauskas apkārtni un tālāk uz Lietuvu – Petrašūnu atradni. Tas sakrīt ar priekšstatiem par Stipinu svītas nogulumu fāciju zonalitāti (Сорокин, 1981; Sorokins, 1998): dienvidu virzienā samazinās māla daudzums gan svītā kopumā, gan tās praktiski nozīmīgākajā augšdaļā. Pakrojas apkārtne (Lietuva) svītas vidū un augšdaļā ir sastopami gandrīz tīri dolomīti ar bagātīgu bezmugurkaulnieku kompleksu, bet tikai pašā apakšējā daļā ar biežumu 1,2-2,0 m ir sastopami mālaini dolomīti (Narbutas, Vodzinskas, 1971: citēts: Сорокин, 1981). Būtiski atzīmēt, ka Lietuvā, Petrašūnu atradnē, plaši sastopamās organiskās vielas starpkārtnas, kuras var minēt kā iemeslu dolomītu pelēkajai krāsai, neietekmē dolomītu augstos nodilumizturības rādītājus.

9. SECINĀJUMI

Pamatojoties uz šajā darbā veikto devona Stipinu svītas nogulumu ģeoloģiskā griezuma aprakstu, mineraloģiski petrogrāfiskajiem pētījumiem pieslīpņos un plānslīpējumos, kā arī nodilumizturības testiem ar Losandželosas un Mikro-Devala metodi, izdarīti šādi secinājumi:

- Plānslīpējumu analīze liecina par dolomīta nodilumizturības ciešu saikni ar tā kristālu saaugumu, formu un izmēru. Visaugstākās Losandželosas testa un Mikro-Devala testa vērtības ir smalkkristāliskiem dolomītiem ar ksenomorfu kristālu ciešu saaugumu un šo kristālu izmēru 0,05-0,08 mm (smalkkristālisks dolomīts);
- Kristālu izmērs, forma un saaugums atkarīgs no ieža veidošanās apstākļiem un pēcsedimentācijas izmaiņām – dolomitizācijas, pārkristalizēšanās un šķīšanas procesiem;
- Dolomītu mehānisko izturību pazemina ieža porainība, māla un Fe^{3+} oksīdu-hidroksīdu, pirīta un drupu graudu piejaukumi, bet būtiski neietekmē organiskās vielas starpkārtnas;
- Ļoti izturīgie 1. litoloģiski rūpnieciskā tipa (atbilstoši V. Hodirevas (1997) klasifikācijai) dolomīti uzrāda vislabākos rezultātus gan Losandželosas testā, gan Mikro-Devala testā. Tādi veido praktiski visu derīgo slāņkopu Petrašūnu atradnē.
- Stipinu svītas dolomītiem Losandželosas koeficienta vērtībām ir cieša pozitīva korelācija ar Mikro-Devala koeficientu.
- Stipinu svītas dolomītu nodilumizturība palielinās dienvidu virzienā – no Iecavas apkārtnes uz Bauskas apkārtni un Pakrojas (Lietuva) apkārtni, kas sakrīt ar virzienu uz Stipinu laikposma paleobaseina centrālo daļu, kur bija tīrāka karbonātu sedimentācija.

PATEICĪBAS

Autore izsaka pateicību visiem, kas palīdzējuši un atbalstījuši darba izstrādes gaitā. Īpaša pateicība vadītājam Ģirtam Stinkulim par lielo atsaucību un palīdzību. Autore izsaka lielu pateicību arī Iežu pētījumu laboratorijas vadītājam Konrādam Popovam par palīdzību laboratorijas darbu veikšanā un Ervīnam Lukševičam par atbalstu studiju procesa laikā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

Publicētie

Brangulis, A., Kuršs, V., Misāns, J., Stinkulis, G., 1998. *Latvijas ģeoloģija*. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests.

Boggs, S., *Petrology of sedimentary rocks. Second edition*. New York, Cambridge University Press.

Delle, N. 1935. *Zemgales līdzenuma, Augšzemes un Lietuvas devona nogulumi*. LU Raksti. Mat.-Dabaszin. Fak. Sēr. 2 (5, 107).

Erichsen, E., Ulvik, A., Sævik K. 2011. Mechanical Degradation of Aggregate by the Los Angeles-, the Micro-Deval- and the Nordic Test Methods. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 3(44), pp. 333-337.

Flügel, E. 2004. *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*. Berlin, Springer.

Kahraman, S., Fene, M. 2007. Predicting the Los Angeles abrasion loss of rock aggregates from the uniaxial compressive strength. *Elsevier B.V: Materials Letters* 61, pp.

Kondratjeva, S., Hodireva V. 2000. *Latvijas dolomīti*. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests.

Kuršs, V., Stinkule, A. 1997. *Latvijas derīgie izrakteņi*. Rīga, LU, Ģeoloģijas institūts.

Lukševičs, E., Stinkulis, G., Mūrnieks, A., Popovs, K. 2012. *Geological evolution of the Baltic Artesian Basin*. In A. Dēliņa, A. Kalvāns, T. Saks, U. Bethers, & V. Vircavs (Eds.), Highlights of groundwater research in the Baltic Artesian Basin. Riga: University of Latvia, pp. 7–52.

Nichols, G. 1999. *Sedimentology and stratigraphy*. Blackwell Science.

Paškevičius, J. 1997. *The geology of the Baltic republics*. Vilnius, Lietuvos geologijos tarnyba.

Segliņš, V., Brangulis, A. 1996. *Latvijas zemes dzīļu resursi*. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests.

Senior, S. A., Rogers, C. A. 1991. Laboratory Tests for Predicting Coarse Aggregate Performance in Ontario. *Transportation Research Record*. No. 1301, pp. 97-106.

Sorokins, V. 1998. Stipinu svīta. *Latvijas daba: enciklopēdija*. 5. sēj. Rīga, Preses nams, lpp. 134.-135.

Vasconcelos, C., McKenzie, J. A., 1997. Microbial mediation of modern dolomite precipitation and diagenesis under anoxic conditions (Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brazil). *Journal of Sedimentary Research*, v. 67, no. 3, pp. 378-390.

Биргер, А. Я., Биргер, Л. В., Биркис, А. П., 1979. *Геологическое строение и полезные ископаемые Латвии*. Рига, Зинатне.

Сорокин, В. С. 1978. *Этапы развития северо-запада Русской платформы во франском веке*. Рига, Зинатне.

Сорокин, В. С. 1981. *Стипинайский горизонт. Девон и карбон Прибалтики*. Рига, Зинатне, с. 283-293.

Шарак, К. А. 1977. *Доломиты. Минеральное сырье Латвии для производства строительных материалов*. Зинатне, Рига, с. 76-89.

Nepublicētie

Ābolts, J. 2005. *Stipinu svītas nogulumi un to veidošanās Iecavas apkārtnē: maģistra darbs*. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte.

Ceļu specifikācijas 2015. *Vispārējās valsts autoceļu tīklā veicamo darbu izpildes un kvalitātes prasības atbilstoši autoceļu noslogojumam*. VAS "Latvijas autoceļi", 433 lpp.

Gailīte, L., Hodireva, V., Kuršs, V., Meirons, Z., Savvaitova, L., Stinkulis, Ģ., Zabele, A. 1996. *Nogulumiežu klasifikācijas sastādīšana*. Rīga, 37 lpp.

Hodireva, V. 1997. *Latvijas devona dolomītu litoloģiski rūpnieciskie tipi: promocijas darbs*. Rīga, LU Ģeoloģijas zinātņu nozares habilitācijas un promocijas padome.

Mešķis, S. 2013. *Pēdu fosiliju kompleksi galvenā devona lauka Franās stāva nogulumos: doktora disertācija*. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Ģeoloģijas nodaļa.

Stinkulis, Ģ. 1998. *Latvijas devona klastisko-karbonātiežu un kaļķakmeņu-dolomītu pārejas zonu sedimentoloģija un mineraloģija: doktora disertācija*. Rīga, LU Ģeoloģijas nozares habilitācijas un promocijas padome.

Williams, D., Hampel, K., Allen, J., Folwer, D. 2005. Update on ICAR 507: The significance and application of the micro-deval test. *Aggregates Foundation for Technology, Research and Education (AFTRE), Symposium 2004-2005*. 28 p.

Zemes Puse, SIA. 2012. *Pārskats par atlikušo dolomīta krājumu aprēķinu atradnē "Iecava"*. Rīga.

Меконе, И.К., Декерт, А.К. 1976. *Отчет о предварительной разведке месторождения облицовочных доломитов Иецава (Акменсциуньяс) в Елгавском районе (в 5 томах)*. Рига, Министерство Геологии СССР. 1-5 том.

Семенов, В.П., Шнибко, П.П. 1985. *Отчет о доразведке месторождения доломитов Иецава в пределах земельного отвода (в 3 томах)*. Рига, Министерство Геологии СССР. 1-3 том.

Elektroniskie resursi

AB „Dolomitas“ mājas lapa. 2013. Sk. 22.05.2016. Pieejams: <http://www.dolomitas.lt/> Atsauce tekstā (Dolomitas..., 2013).

Dabas aizsardzības pārvaldes mājas lapa. 2010. Sk. 22.05.2016. Pieejams: http://www.daba.gov.lv/public/lat/turistiem/apraksti/apskates_objekts/jumpravas_dolomita_atsegums/ Atsauce tekstā (DAP, 2010).

Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs, VAS. 2015. Derīgo izrakteņu (būvmateriālu izejvielu, kūdras, sapropeļa un dziedniecības dūņu) krājumu bilance par 2014. gadu. Sk. 18.05.2016. Pieejams: https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Geologija/DER_IZR_KRAJ_BILANCES/Derigo_izraktenu_krajumu_bilace_2014.pdf Atsauce tekstā (LVĢMC, 2015).

Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs, VAS. Derīgo izrakteņu atradņu reģistrs. Sk. 24.05.2016. Pieejams: <https://www.meteo.lv/lapas/geologija/derigo-izraktenu-atradnu-registrs/derigo-izraktenu-atradnu-registrs?id=1213&nid=488>.

Normatīvie akti

Likums: Par zemes dzīlēm. Pieņemts 02.05.1996. Latvijas Republikas Saeima. Atsauce tekstā (Par zemes dzīlēm, 2009).