

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

**DEVONA BURTNIEKU SVĪTAS SMILŠAKMEŅI BEZDELĪGU
KLINTĪS: FĀCIJAS UN VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI**
BAKALĀURA DARBS

Autors: **Linda Berga**

Stud. apl.: lb07077

Darba vadītājs: asoc. prof., Dr.
ģeol. **Ģirts Stinkulis**

RĪGA 2011

ANOTĀCIJA

Bakalaura darbā veikti vidusdevona Burtnieku svītas nogulumu pētījumi Bezdelīgu klintīs, 28 smilšu paraugiem veikta granulometriskā analīze, veikti slīpslāņojumu mērījumi un interpretēti paleostraumju plūšanas virzieni, izdalītas fācijas, raksturota to secība un diskutēts par nogulumu veidošanās apstākļiem. Pētījuma gaitā secināts, ka Burtnieku svītas nogulumi ir veidojušies upju un jūras pārejas zonā, kurā raksturīgas plūdmaiņu pazīmes, tādas kā māla un vizlas kārtiņas uz smilšu slānīšiem, un novērojams plūdmaiņu cikliskums. Pēc slīpslāņojuma mērījumu rezultātiem secināts, ka straumes plūdušas trijos virzienos – dienvidaustrumu, dienvidu-dienvidrietumu un ziemeļaustrumu, ar izteiktu pārsvaru dienvidaustrumu virzienā. Šāda straumju izkliede ir raksturīga deltu zonai. Pēc fāciju vertikālās un laterālās izplatības izdalītas divas dominējošās gultnes reljefa formas – pa kanālu gultni migrējošās zemūdens grēdas ar plūdmaiņu ietekmi un sēkļus.

Atslēgas vārdi: plūdmaiņas, delta, zemūdens grēda, sēklis, paleostraumes, klastiskā sedimentācija.

ANNOTATION

The Bachelor thesis deals with study of deposits of the Middle Devonian Burtnieki Formation in the Bezdēlīgas cliff. There was made the grain-size analysis of sandstone in 28 cross-stratified beds, data of measurements of cross-stratification interpreted to define paleocurrent direction, facies were divided and their sequences analysed, as well as discussion provided on the sedimentary environment. Conclusion is made that siliciclastic sedimentation took place in fluvial-to-marine transition zone with the tide influence recognized by mud and mica drapes on the cross-laminae and tidal bundles. Data of measurements of cross-stratification indicate 3 directions of paleocurrents – to south-east, south-west and north-east. The dispersion of paleocurrents likely characterises the deltaic environment. The vertical and lateral facies sequences indicate two major bedforms – tide influenced channels and bars.

Keywords: tides, delta, subaqueous dune, bar, paleocurrents, siliciclastic sedimentation.

SATURS

ANOTĀCIJA.....	2
ANNOTATION.....	3
SATURS.....	4
IEVADS	5
1. KLASTISKĀ SEDIMENTĀCIJA BALTIJAS DEVONA PALEOBASEINĀ.....	6
2. BURTNIEKU SVĪTA LATVIJĀ.....	13
3. MATERIĀLI UM METODES.....	16
4. PĒTĪJUMA OBJEKTA VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS.....	22
5. BURTNIEKU SVĪTAS NOGULUMIEŽU GRANULOMETRISKAIS SASTĀVS BEZDELĪGU KLINTĪS	24
6. FĀCIJAS	29
7. FĀCIJU SECĪBA	35
8. STRAUMJU VIRZIENI UN PALEOBASEINA DZIĻUMS.....	41
9. BURTNIEKU SVĪTAS NOGULUMIEŽU VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI PĒTĪJUMA TERITORIJĀ.....	46
SECINĀJUMI	49
LITERATŪRAS SARAKSTS	50
PIELIKUMS.....	52

IEVADS

Latvijā Burtnieku reģionālais stāvs ir pārstāvēts ar tāda paša nosaukuma litostratigrāfisko vienību – Burtnieku svītu. Šī reģionālā stāva un svītas nogulumi ietilpst vidusdevona Živetas stāvā. Burtnieku svītas nogulumi ir izplatīti visā Latvijas teritorijā, atskaitot nelielu daļu Kurzemes ziemeļos, un plašu atsegumu joslu tie veido Vidzemē.

Plaši un nozīmīgi devona nogulumiežu pētījumi tika veikti 20. gs. 70.-90. gados (V. Kuršs), kuros, pamatojoties uz klastiskās slāņkopas minerālo sastāvu, struktūrām, tekstūrām un daudziem slīpslāņojuma mērījumiem izdarīti secinājumi par litofācijām un paleoģeogrāfiskajiem apstākļiem devona baseinos. Detalizētu devona Narvas, Arukilas, Gaujas svītu nogulumiežu fāciju analīzi aizsākuši zviedru un igauņu pētnieki (A. Pontén, P. Plink-Björklund, K. Tānavsuu-Milkeviciene). Burtnieku svītā līdz šim šāda veida pētījumi nav izdarīti.

Bakalaura **darba mērķis** ir raksturot vidusdevona Burtnieku svītas smilšakmeņu nogulumus un sastāvu, izdalīt fācijas un noteikt iespējamās veidošanās apstākļus pētījuma objektā.

Mērķa īstenošanai tika izvirzīti šādi **darba uzdevumi**:

- sastādīt Burtnieku svītas ģeoloģiskos griezumus Bezdēlīgu klintīs,
- noteikt seno straumju plūšanas virzienu,
- raksturot smilšaino nogulumu granulometrisko satāvu,
- izdalīt fācijas un raksturot to vertikālo nomaiņu,
- pēc slīpslāņoto sēriju biezumu mērījumu rezultātiem aprēķināt iespējamo baseina dziļumu Burtnieku laikposmā Bezdēlīgu klinšu teritorijā,
- pievērst uzmanību plūdmaiņu pazīmēm atsegumā.

Bakalaura darbs sadalīts deviņās nodaļās. Pirmā nodaļā sniegts apraksts par devona paleoģeogrāfiskajiem apstākļiem, iežu tipiem. Otrajā nodaļā dots ieskats Burtnieku svītas izplatībai Latvijā. Trešajā nodaļā sniegts izmantotās literatūras un metožu apraksts. Ceturtajā – pētījuma vietas vispārīgs apraksts. Piektajā nodaļā analizēti smilšakmeņu granulometriskās analīzes rezultāti. Sestajā nodaļā tiek izdalītas fācijas un septītajā tās apvienotas secībās. Astotajā nodaļā tiek apkopoti slīpslāņojuma mērījumu rezultāti un raksturotas sastādītās rozēs diagrammas. Devītajā nodaļā tiek skaidroti nogulumu veidošanās apstākļi Burtnieku laikposmā tagadējā Bezdēlīgu klinšu teritorijā.

1. KLASTISKĀ SEDIMENTĀCIJA BALTIJAS DEVONA PALEOBASEINĀ

Silūra un devona robežposmā risinājās nozīmīgi ģeoloģiskie notikumi – sadūrās iepriekš atsevišķi esošās Baltijas un Laurentijas litosfēras plātnes, kam pievienojās arī Avalonija. Sakarā ar Baltijas un Laurentijas plātņu sadursmi, izveidojās Kaledonīdu kalnu grēdas, t. sk. Latvijas teritorijai samērā netālu esošie Skandināvijas Kaledonīdi. Tie un piegulošais Baltijas vairogs kalpoja par galveno noneses apgabalu visā devona periodā.

Pēc mālaini karbonātisko nogulu uzkrāšanās silūrā, agrajā devonā nogulumu uzkrāšanās režīms mainījās, aizsākās klastisko nogulumu izgulsnēšanās.

Baltijas devona baseins atradās Eiramerikas superkontinenta malā, ekvatoriālos platuma grādos. Tas izveidojās kā ierobežota, sekla epikontinentāla jūra ar galveno noneses apgabalu ziemeļu apgabalā un baseina daļu dienvidos (Pontén, Plink-Björklund, 2007). Dažādu izmēru tektoniskie pacēlumi ievērojami norobežoja Galvenā devona lauka rietumu daļu no atklātas jūras, tādēļ Baltijas baseinā izveidojās specifisks un mainīgs ūdens sāļuma režīms, bieži vien pazemināts, to ietekmēja pieplūstošo upju ūdens, kā arī spēcīgā iztvaikošana (Stinkulis, 1998), ūdens sāļums dažādās baseina vietās atšķīrās. Dažos Baltijas baseina attīstības etapos tas atjaunojās līdz normāla sāļuma līmenim, par ko liecina fosfātu konkrēcijas smilšakmeņos un brahiopodu fosīlijas. Ziemeļrietumu daļā bija pazemināta sāļuma ūdens zona, bet dienvidos, dienvidaustrumos ūdenim bija normālam tuvs sāļums (Кырма, 1975).

Devona nogulumu uzkrāšanās laikā no agrā devonā līdz vēlā devona sākumam ir izdalāmas trīs baseinu attīstības stadijas. Pirmā norisinājās vēlajā silūrā un agrajā devonā ar jūras regresiju, otrā – ar baseina maksimālo attīstību vidusdevonā laikā un trešā bija vēl viena transgresīvā stadija vēlajā devonā (Кырма, 1992). Taču īsāki un garāki transgresijas un posmi notika vairākkārt Baltijas devona baseinā. Devona klastiskā sedimentācija ilga aptuveni 25-35 miljonus gadu, un kopējais devona klastisko nogulumu biezums pārsniedz 580 m (Кырма, 1975).

Latvijā devona nogulumu pēc ģeoloģiskā vecuma aptver visus septiņus šīs sistēmas stāvus - Lohkovas, Prāgas, Emsas, Eifeļa, Živetas, Franas un Famenas. Bet šajā nodaļā tiks apskatīti nogulumu veidošanās etapi līdz Franas stāvam, jo līdz ar to beidzas klastiskā sedimentācija Galvenajā devona laukā.

Agrā devona nogulumu iedalās reģionālajos stāvos – Tilžes, Stonišķu un Ķemeru. Tilžes un Stonišķu reģionālais stāvs ir apvienoti Gargždu sērijā, kura veidojās lielā mērā no silūra perioda mantotā sedimentācijas baseinā. Mainījās gan nogulu sastāvs un palielinājās smilts daudzums.

Salīdzinot ar silūra Pršidolas epohas baseinu, devona baseina izmēri krietni samazinājās, un tas pārvērtās par norobežotu līci ar dažāda sāļuma zonām. Baseina ziemeļu un rietumu daļā bija plaša zona ar pasāļūdeni, bet baseina dienvidu un dienvidrietumu daļa bija ar paaugstināta sāļuma ūdeni. Baltkrievijas–Mazūrijas anteklīzes daļā bija normāla sāļuma jūras ūdens, un šo baseina daļu apdzīvoja daudz un dažādi jūras bezmugurkaulnieki. Atšķirībā no silūra mālaini karbonātiskajiem nogulumiem, Lohkovas baseinā lielā daudzumā ieplūda aleirītisks un smilšains materiāls kopā ar dzelzs pigmentu, kas iekrāsoja nogulumus sarkanā krāsā. Galvenais klastiskā materiāla noneses apgabals Lohkovas laikā bija Baltijas vairogs un Skandināvijas Kaledonīdi, kas atradās ziemeļos no baseina. Baseina ziemeļu daļā uzkrājušies nogulumi atbilst piekrastes daļai, kur baseina ūdeņi bija krietni atsāļoti. Tādēļ smilšainie nogulumi ir irdeni un vāji sacementēti ar māla cementu un dzelzs oksīdu, atšķirībā no citām zonām, kur nogulumi bija sacementēti ar, iespējams, agrīnu ģipša cementu (Курш, 1992).

Gargždu sērijai ir raksturīgi raibi un sarkani, masīvi un horizontāli slāņoti karbonātiski aleirolīti, māli un dolomītmerģeļi. Karbonātiskie mālainie aleirītiskie nogulumi uzkrājušies Latvijas-Lietuvas depresijas daļā, kur bijusi samērā dziļa lagūnas daļa, bet šīs depresijas malā Gargždu sērija ir samērā smilšaina. Baseina austrumu un dienvidaustrumu malā, kopā ar klastiskajām nogulām uzkrājās arī daudz karbonātu un ģipsis (Stinkulis, 1998).

Pēc Lohkovas baseina regresijas sekoja ilgs nogulumu uzkrāšanās pārtraukums un senāko nogulumu noskalošana, kurai pakļauta lielākā daļa Garžas sērijas augšdaļa. Vislielākā denudācija norisinājusies Valmieras-Lokno pacēlumā, daļā Latvijas sedlienes, kā arī Liepājas-Saldus pacēlumā un tā dienvidu nogāzē. Vietām Gargždu sērijas nogulumi tika denudēti pilnībā, un sakarā ar tektonisku aktivitāti denudācija skāra arī silūra, ordovika un pat kembrija nogulumus.

Prāgas un Emsas laikmetos, kam Latvijā atbilst Ķemeru svīta, sekļajā jūrā pārsvarā sāka uzkrāties klastiskās nogulas. Pirms Ķemeru laikposma bija raksturīga intensīva senāko nogulumu denudācija, visā Galvenā devona lauka teritorijā tika noskalota senāko nogulumu virskārta. Baltijas devona paleobaseina centrālajā daļā uzkrājās mālaini aleirītiskas nogulas, baseina ziemeļu daļa, kas atradās tuvāk sanešu avotam, uzkrājās smilšainas nogulas, bet baseina ziemeļaustrumu daļā mijās smilšaini un mālaini karbonātiskas nogulas. Šis agrā devona baseins vēl joprojām bija stipri norobežots līcis ar izteiktu sāļuma režīma zonalitāti. Ziemeļu un rietumu daļā bija plaša zona ar upju ietekmē atsāļotiem ūdeņiem, bet dienvidos un dienvidaustrumos ūdens, domājams, bija stipri sāļš. Svītas griezumam pamatnē dominē pelēki slīpslāņoti un viļņoti slāņoti smilšakmeņi un aleirolīti ar pārogļotiem augu atlieku fragmentiem un tumši pelēkām mālu starpkārtām, bet griezuma augšdaļā ir sarkani aleirolīti un māli. Šāda griezumam uzbūve – smilšaini nogulumi apakšdaļā (atbilst jūras transgresijai) un

mālaini nogulumi augšdaļā (atbilst jūras regresijai) ir raksturīga vairumam svītu apakš-augšdevona klastiskajā slāņkopā (Курш, 1992).

Vidusdevona sākumā, Eifela laikmetā (atbilst Rēzeknes un Pērnavas svītas) Baltijas paleobaseins baseins ievērojami palielinās un pārņem arī Maskavas sineklīzi. Devona paleobaseins ar atklātu jūru bija savienots Baltijas dienvidrietumos, rietumu daļā bija vislielākais dziļums un mazāk aktīvs hidrodinamiskais režīms, līdz ar smilšainiem nogulumiem šeit uzkrājās arī mālaini nogulumi. Tāpat kā agrajā devonā, Baltijas teritoriju aizņēma plašs epikontinentāls baseins, un no ziemeļiem upes pienesā daudz drupu materiāla. Vistuvāk atklātai jūrai atradās baseina rietumu daļa – no mūsdienu Baltijas jūras centrālās daļas līdz Lietuvas galējiem rietumiem, ar lielāku dziļumu un mazāk aktīvu hidrodinamisko režīmu, kur uzkrājās smilšaini mālainas nogulas (Stinkulis, 1998). Baseina ziemeļu daļā un plašā teritorijā uz dienvidiem uzkrājās smilšainas nogulas. Tāpat kā agrajā devonā, bagātīga drupu materiāla uzkrāšanās notika Latvijas sedlienes robežās, īpaši ziemeļu daļā no mūsdienu Rīgas jūras līča, kur bija izvietota plaša deltas zona ar spēcīgām upju straumēm (Курш, 1992). Upju plūsmu virziens bija no ziemeļiem uz dienvidiem. Baseina dienvidu daļas smilšainajām nogulām raksturīgs dolomīta un ģipša cements; šo baseina teritorijas daļu nerasniedza upju ūdens, un, domājams, ūdens bija pietiekami sāļš, lai smilšakmeņos veidotos agrīns dolomīta un ģipša cements. Baltijas vairoga austrumu daļā bija peneplenizēta sauszeme, ko veidoja ordovika un silūra kaļķakmeņi, tādēļ Baltijas baseina austrumu daļā piegādāja nelielu daudzumu drupu materiāla, tur uzkrājās smilšaini karbonātiskas nogulas ar ģipša piejaukumu (Stinkulis, 1998).

Agrā Eifela baseinā var izdalīt divus sedimentācijas ciklus. Senākajam no tiem pieder Rēzeknes svīta, kas sastāv no pelēkiem dolomītiem, zaļganpelēkiem dolomītmerģeļiem, smilšakmeņiem un aleirolītiem. Zaļganpelēkie dolomītmerģeļi satur nevienmērīgi izvietotu smilšainu materiālu un dolomīta oolītus. Rēzeknes svītā iezīmējas būtiskas nogulumu sastāva faciālās atšķirības - Austrumlatvijā sastopami mālainikarbonātiskie nogulumi, bet pārējā Galvenā devona lauka teritorijā bezkarbonātiski nogulumi. Eifela stāva apakšdaļas iedalījums Rēzeknes un Pērnavas svītās ir iespējams tikai Viļakas vaļņa teritorijā, kur ieplūda nedaudz drupu materiāla, un jauktā sastāva klastiskajos un karbonātiskajos nogulumos sastop samērā daudz zivju atlieku, bet pārējā daļā smilšaini mālaino nogulumu griezumos abas svītas ir apvienotas.

Eifela laikmetā paleobaseina teritorija intensīvi grima, un šajā laikmetā ir izdalāmi trīs sedimentācijas etapi – Pērnavas, Narvas un Arukilas. Pērnavas svītas nogulumi atbilst transgresīvajai fāzei, Arukilas - noslēdzošajai baseina regresijas fāzei, bet Narvas laikposmā

baseins, kad drupu materiāls pieplūda pavisam nedaudz, un galvenokārt uzkrājās homogēnie karbonātiskie nogulumi.

Pēc Rēzeknes un Pērnavas svītas veidošanās sekoja plaša Baltijas baseina transgresija, kad sekļajā jūrā veidojās Narvas svītas nogulumi – pārsvarā karbonātiski, ar minimālu drupu materiāla piejaukumu. Narvas laikposma sākumā, it kā nodalītie jūras baseini rietumu un austrumu daļā savienojās. Tādā veidā nogulumu uzkrāšanās teritorija Narvas laikā pakāpeniski paplašinājās tālāk rietumu – austrumu virzienā pa visu Austrumeiropas platformu, un Narvas laikposma baseins ir atzīmēts kā dziļākā agrā devona – vēlā devona sākuma jūra Baltijā (Курш, 1992). Ar atklātu jūru Narvas baseins savienojās rietumos, tas ir, mūsdienas Baltijas dienvidu daļā. Narvas laikā sākās strauja Baltijas baseina attīstības maiņa. Lielākajā Austrumeiropas platformas daļā, notiek iepriekšējos periodos dominējošās drupu materiāla akumulācijas nomaiņa uz karbonātisku nogulumu uzkrāšanos.

Narvas svītas nogulumi izplatīti visā Austrumeiropas platformas daļā vairāk kā 100 m biežumā un lielākā platībā kā pārējie vidusdevona sedimentācijas ciklu veidojumi. Narvas svītas pamatnē iegūl Narvas brekčija, kas sastāv no ģipšainiem, stūrainiem dolomītiem un dolomītmerģeļiem, kas sacementēti ar kunkuļainu dolomītiski mālainu materiālu, kura sastāvā atrod arī Pērnavas svītas smilšakmeņus. Brekčijas biežums vietām sasniedz 1,5 m biežumu. Narvas brekčijas ģenēze vēl aizvien ir neskaidra. V. Kuršs ir paudis uzskatu, ka tā radusies zemūdens noslīdeņu procesu rezultātā (Курш, 1992).

Narvas laikposma baseina attīstības laikā drupu materiāls tika piegādāts ar plūdmaiņu strauēm un vētru viļņiem no plūdmaiņu līča un plūdmaiņu deltas kompleksa, kur dominējošās bija paisuma straumes (Tānavsuu-Milkeviciene et al., 2009).

Eifela laikmets noslēdzas ar Arukilas svītu, kas atbilst Baltijas baseina regresīvajai stadijai. Šajā laikposmā baseina izmēri samazinājās no ziemeļiem līdz dienvidaustrumiem. Sekļajā jūras teritorijā galvenokārt uzkrājās klastiskie nogulumi –aleirīti, smilšakmeņi un māli, bet galvenais noneses apgabals atradās ziemeļos. Sāļums Arukilas laikposma baseinā bija nedaudz zemāks, bet stipri mainīgāks nekā Narvas laikposma baseinā, tādēļ tikai Galvenā devona lauka teritorijas dienvidaustrumu daļai raksturīgi ģipšaini nogulumi (Курш,1975).

Arukilas svītas apakšējā daļā iegūl sarkani smilšakmeņi, bet svītas augšdaļā ir sarkanu aleirolītu slāņkopa. Lielāko Baltijas baseina (centrālo) daļu aizņēma aleirītu un smilšu faciālā zona, bet ziemeļu daļā ievērojami pieauga smilšaino nogulumu daudzums. Latvijas–Lietuvas depresijā Arukilas svītai raksturīgi smilšakmeņi, kas sacementēti ar karbonātu cementu (Курш, 1992).

Živetas laikposms ievērojami atšķiras no iepriekšējiem devona nogulumu uzkrāšanas cikliem – gan pēc nogulumu sastāva, gan slāņkopas uzbūves. Živetas laikmetā bija stabila un

nedaudz piepacelta Zemes garoza, salīdzinājumā ar Eifela laikmetu. Tas ietekmēja nogulumu sastāvu un biezumu - Živetas laikmeta nogulumu biezums ir 5 reizes mazāks nekā Eifela laika nogulumiem, tāpat atšķirības ir nogulumu sastāvā - maksimālās transgresijas laikā Eifela baseinā bija izplatīti mālaini karbonātiskie nogulumi, Živetas laika posmā šādu nogulumu praktiski nav, vai sastopami nedaudz. Ar atklātu jūru Burtņieku laikposma baseins bija savienots dienvidrietumos, bet lielāko Galvenā devona lauka daļu aizņēma sekla jūra ar pasāļu ūdeni. Burtņieku laikposmā Baltijas paleobaseins aizņēma aptuveni tādu pat teritoriju kā Arukilas laikposmā.

Živetas laikposma nogulumi Galvenajā devona laukā apvienoti vienīgajā Burtņieku svītā (Кырш, 1992). Taču sedimentācijas apstākļi kopumā īpaši neatšķirās no Eifela baseina pēdējās regresīvās sedimentācijas fāzes – Arukilas svītas. Arī Burtņieku svītai raksturīga cikliska uzbūve un graudu izmērs samazinās no lejas uz augšu; tās pamatnē iegul sarkani smilšakmeņi, augstāk seko smilšakmeņu un aleirolītu slāņmija, bet svītas augšdaļu veido māli un aleirolīti. Latvijas–Lietuvas depresijas daļā uzkrājās mālaini aleirītiskas nogulas, līdzīgi sedimentācijas apstākļi bija arī austrumos Maskavas sineklīzes daļā, bet starp šiem laukumiem līdz pat Baltkrievijai uzkrājās smilšainas nogulas. Austrumos kopā ar aleirolītiem uzkrājās māli, kas bagāti ar organisko vielu. No rietumiem uz austrumiem notiek arī nogulu krāsas maiņa, no sarkanās un raibas līdz gaiši pelēkai. Uz dienvidaustrumiem no Maskavas sineklīzes pieaug mālaini karbonātisko nogulumu saturs un to karbonātiskums (Stinkulis, 1998, Кырш, 1992).

Burtņieku svītas mūsdienu izplatības laukumā var izdalīt trīs litofāciju zonās. Izplatības laukuma rietumu, iespējams, šelfa dziļūdens daļā, izplatīti aleirīti un smiltis, austrumu daļā ir seklūdens smiltis un aleirīti, bet ziemeļaustrumu rajonos izplatīti deltas zemūdens daļas nogulumi – arī pārsvarā smiltis un aleirīti. Katras šīs zonas uzbūvē ir specifiskas īpatnības, bet kopīga iezīme ir Burtņieku reģionālā stāva cikliskā uzbūve. Reģionālā stāva pamatā dominē smilšakmeņi, pēc tam seko smilšakmeņu un aleirolītu slāņmija, bet reģionālā stāva augšējā daļā pārsvarā ir māli un aleirolīti (Кырш, 1975).

Uz Baltijas vairoga pakājes Burtņieku laikposmā bija izveidojusies plaša aluviālā–deltas līdzenuma zona un deltas zemūdens daļa. Deltu zona ir izsekojama neliela areāla veidā nogulumu izplatības laukuma ziemeļaustrumu daļā, un tajā dominēja smilšainais materiāls, lai gan uzkrājās arī mālainas nogulas. Deltu veidojumu eksistenci lielā mērā pierāda svītas augšdaļas sīkdisperso pelēko mālu lēcu attiecības ar zemāk iegulošajiem smilšakmeņiem. Šādas mālu lēcas ir nokonturētas tikai Jozu karjerā Igaunijā, kur noslīdeņu depresijās ir uzkrājies māls ar mugurkaulnieku un augu atliekām, kā arī karbonātu un fosfātu konkrēcijām (Кырш, 1975). Noslīdeņu veidojumi ir visai tipiski nestabilajai deltu videi, un savdabīgais

konkrēciju komplekss norāda uz jūras ūdens ietekmi nogulumu veidošanās gaitā (Stinkulis, 1998). Straumju virzieni Burtnieku laikposmā bija no ziemeļiem uz dienvidiem (Куршс, 1992).

Burtnieku reģionālajam stāvam raksturīgas vairākas pazīmes, kas liecina, ka nogulumi uzkrājušies jūras piekrastes, nevis upju apstākļos. Valmieras pilsētas apkaimē nogulumos atrasti bezslēdžu brahiopodi, bet Salacas upes krastos sastopamajos smilšakmeņos un Igaunijas dienvidos (Jozu atradnē) – fosfātu konkrēcijas.

Jaunu vēlā devona Franas laikmeta transgresiju aizsāk Gaujas svīta. Nogulumu uzkrāšanās apstākļi Franas laikmetā bija mantoti no iepriekšējā – Živetas laikmeta. Tādā pašā seklā, pasāļūdens jūras baseinā zemūdens deltas apstākļos notika nogulumu uzkrāšanās (Куршс, 1992). Franas laikmeta nogulumu uzkrāšanās gaitā izdalāmi divi pastāvīgi sedimentācijas cikli – Gaujas un Amatas. Gaujas un Burtnieku svītas atdala sedimentācijas pārtraukums, bet kopumā pirmā pēc sastāva un faciālās zonalitātes ir visai līdzīga Burtnieku svītas nogulumiem. Gaujas svītas griezuma apakšējā daļā dominē smilšakmeņi, bet augšējā māli un aleirolīti. Latvijas–Lietuvas depresijas ass daļā uzkrājas mālaini aleirītiskas nogulas ar karbonātu piejaukumu, bet virzienā uz baseina malām pieauga smilšu daudzums un samazinājās karbonātiskums. Viļakas vaļņa teritorijā pieaug smilšainums, bet Maskavas sinklīzes daļā atkal palielinās mālaino nogulumu saturs (Stinkulis, 1998).

Gaujas svītas izplatības laukuma ziemeļaustrumu daļā sastopamos, domājams, deltu zonas nogulumus var iedalīt divās daļās – apakšdaļā esošie gaišpelēkie kvarca smilšakmeņi ir veidojušies samērā ātrās no ziemeļiem uz dienvidiem vērstās straumēs (Sietiņu svīta), bet augšējā mālainā daļa, t. sk. pelēku, treknu mālu lēcas, ir veidojusies mainīgā hidrodinamiskā un nogulsnēšanās režīma apstākļos (Lodes svīta). Lodes svīta izplatīta teritorijas ziemeļaustrumu daļā. Lodes svītas mālainajos nogulumos sastop fosforītu konkrēcijas, kuru veidošanās saistīta ar marīnajiem apstākļiem (Stinkulis, 1998).

Gaujas laikposmam sekoja jauna seklās devona jūras transgresija, kuras laikā izveidojās Amatas svītas nogulumi, kas ir izplatīti tajā pašā teritorijā, kur Gaujas svītas veidojumi. To biežums un sastāvs ir diezgan pastāvīgs. Turpinājās klastiskā sedimentācija, tomēr pieauga arī karbonātu saturs. Šī laikposma jūras transgresija bija plašāka nekā iepriekšējos laikposmos un skāra plašus Austrumeiropas platformas reģionus. Aizvien tālāk uz rietumiem izpletās jūra ar normāla sāļuma ūdeni un mālaini karbonātiskām nogulām. Amatas laikposma nogulās bija augsts organiskās vielas saturs, kas liecina par samērā lielu jūras dziļumu. Izplatības laukuma ziemeļaustrumu daļā Amatas svītas nogulumi ar pārtraukuma vai izskalojuma virsmu pārsedz agrā paleozoja nogulumus (Stinkulis, 1998; Куршс, 1992).

Drupu materiāla noneses apgabals tāpat kā iepriekšējos periodos atradās ziemeļos - Baltijas vairoga un Skandināvijas Kaledonīdu teritorijā. Amatas svītas smilšakmeņu slīpslāņojuma mērījumos iegūtie rezultāti ir atšķirīgi – apakšējā svītas griezuma daļā tie liecina par straumju plūšanu no dienvidiem uz ziemeļaustrumiem, laikposma vidusdaļā straumju tecēšanas virziens bija no ziemeļiem uz dienvidiem, bet beigu posmā atkal dienvidrietumiem uz ziemeļaustrumiem. Amatas laikposmā drupu materiāla pieplūdums baseinā pamazām apsīka, un izveidojās samērā sarežģīta straumju sistēma. Amatas svītai raksturīgas divas litofaciālās zonas – Latvijas-Lietuvas depresijas ass daļā un Maskavas sineklīzē veidojās jūras seklūdens aleirolīti un smiltis. Ziemeļos, tuvāk noneses apgabalam ievērojami pieauga smilšaino nogulumu īpatsvars (Куртц, 1992).

Devona smilšakmeņi pēc minerālā sastāva ir oligomikti, un sastāv pārsvarā no kvarca graudiem, laukšpatu, vizlu un citu minerālu piemaisījums parasti nepārsniedz 10-15%. Vidusdevona smilšakmeņos salīdzinoši daudz ir laukšpata, granāta un apatīta, bet augšdevona nogulumos pieaug kvarca, turmalīna, cirkona, staurolīta un rutila daudzums (Куртц, 1975). Vairākās devona svītās, t. sk. Burtnieku svītā, ir vērojama minerālā sastāva faciālā zonalitāte rietumu-austrumu virzienā. Uz austrumiem pieaug pret dēdēšanu noturīgo komponentu un dēdējumgarozas pārskalošanas produktu daudzums (Куртц, 1992).

Ar Amatas laikposmu Austrumeiropas platformas teritorijā noslēdzas klastiskās sedimentācijas cikls, kas bija aizsācies agrajā devonā. Augšdevona Amatas svītu pārsedz Pļaviņu svītas dolomīti un dolomītmerģeļi. Pļaviņu svīta aizsāk jauno klastiski karbonātiskās sedimentācijas ciklu no Franas laikmeta beigām līdz Famenas laikmetam. Pļaviņu laikposmā vēl aizvien eksistēja plaša epikontinentāla jūra, taču ievērojami samazinājās drupu materiāla un saldūdens pieplūde no Fenoskandijas teritorijas (Stinkulis, 1998).

2. BURTNIEKU SVĪTA LATVIJĀ

Vidusdevona Burtnieku svīta ir izplatīta visā Latvijas teritorijā, izņemot Kurzemes ziemeļu daļu. Īpaši daudz dabīgo atsegumu ir Vidzemes ziemeļu daļā gar Salacas krastiem (Neļķu klintis, Bezdelīgu klintis, Sarkanās klintis, Skaņaiskalns), Burtnieku ezera, Gaujas upes krastiem, Vidzemes jūrmalā Tūjas–Ķurmraga apkaimē, bet Kurzemē – tikai gar Rojas upes krastiem. Burtnieku svītas biezums Latvijas teritorijā svārstās no 25 līdz 86 m, lielākajā teritorijas daļā šī svīta ir 40–60 m bieza. Biezāka slāņkopa ir gar nogulumu izplatības ziemeļu robežu – Baltijas vairoga nogāzes daļā (Latvijas ziemeļu daļa), kas atradās tuvāk noneses apgabalam.

Pēc iepriekšējo pētnieku viedokļa (Курин, 1992), Burtnieku svītas nogulumu, kā jau iepriekš minēts, uzkrājās seklā jūrā, kur ūdeņiem bija pazemināts sāļums, jo baseinā no ziemeļiem ieplūda upes - tās sanesa daudz smilšainā un mālainā materiāla. Biezākā slāņkopā smilšainās nogulas koncentrējās deltu rajonā pie noneses apgabala nogāzes, kā arī Latvijas sedlienē. Mālainās daļiņas izgulsnējās galvenokārt baseina salīdzinoši dziļa ūdens zonā, Latvijas–Lietuvas depresijā (Latvijas rietumos un dienvidrietumos), kā arī ar dibenstraumēm tika aiznestas uz Austrumeiropas platformas centrālo daļu - Maskavas sineklīzi (Brangulis u.c., 1998). Latvijas ziemeļu, ziemeļaustrumu daļai raksturīgi upes deltas nogulumu – smilts un aleirīti (2.1. att.).

Burtnieku svītas griezumam ir cikliska uzbūve, pamatnē atrodas sarkani smilšakmeņi, tiem seko smilšakmeņu un aleirolītu slāņmija, bet griezuma augšdaļā ir mālaini-aleirītiski ieži. Karbonātu sadalījums Burtnieku svītā ir nevienmērīgs - Rietumlatvijā un centrālajā Latvijas daļā smilšakmeņos ir karbonātu cements (Stinkulis, 1998), kas veido lodītes vai ķekarus, retāk masīvus slāņus, aleirolītos – ieapaļus, zarainus sakopojumus. Karbonātu materiāla sastopamības formas un izplatības tendences Burtnieku svītas iežos liecina, ka jau sākotnēji klastiskajos materiālos ir bijis karbonātu piejaukums (Brangulis u.c., 1998). Latvijas austrumos un ziemeļos smilšainie nogulumu ir gandrīz bezkarbonātiski, smilšakmeņi parasti ir sarkani, drūpoši, ar māla un dzelzs oksīda cementu. Burtnieku svītas smilšakmeņos sastop aleirīta saveltņus, zivju skeletu atlūzas, mazas fosfātu konkrēcijas (Salacas upes krastos), smilšakmeņiem raksturīgs muldveida un paralēlais slīpslāņojums. Aleirolīti parasti ir raibi ar horizontālu slīpslāņojumu, vai kunkuļaini, ar nevienmērīgu karbonātu un dzelzs oksīda piejaukumu (Stinkulis, 1998, Курин, 1975).

Vidusdevonā Živetas laikmetā valdījis karsts klimats, devona baseina piekrastes zonā bija vāji attīstīta organismu pasaule, jūras baseinam raksturīgs ūdens ar mainīgu sāļumu. Dēdējumgarozā dzelzs oksīdi netika reducēti, bet tie kopā ar drupu materiālu nogulsnējās

seklā jūras baseina teritorijā, kas arī noteica smilšakmeņu sarkanās krāsas saglabāšanos. Burtnieku svītas nogulumu sarkanā nokrāsa ir primāra, un tā mantota no drupu materiāla noneses apgabala ziemeļos, bet ir vērojama arī sekundārā pārdzelžošanās. Šādas pēcsedimentācijas izmaiņas Burtnieku svītas smilšakmeņos ir sastopamas samērā bieži – tās ir dzeltenīgi brūnas Līzeganga joslas un sarkanās krāsas intensitātes samazināšanās vietās, ko intensīvāk skāra pazemes ūdeņu darbība (Курш, 1992). Latvijas teritorijā Burtnieku svītas mālainajiem nogulumiem ir raksturīga primārā sarkanīga nokrāsa – raiba ar pelēcīgiem un dzelteniem plankumiem.

Burtnieku svītas smilšakmeņi satur ļoti daudz pret dēdēšanu noturīgus minerālus – kvarcu, cirkonu, turmalīnu un staurolītu. Burtnieku svītas mālos galvenokārt sastopami divi māla minerāli – illīts un kaolinīts. Latvijas teritorijas austrumu daļā mālos sastop līdz pat 40% kaolinīta, bet teritorijas rietumu daļā tā piejaukums ir niecīgs vai vispār nav, šeit dominē illīts māla minerāls. Arī smilšakmeņos esošos māla saveltņos ir augsts kaolinīta saturs (Курш, 1975).

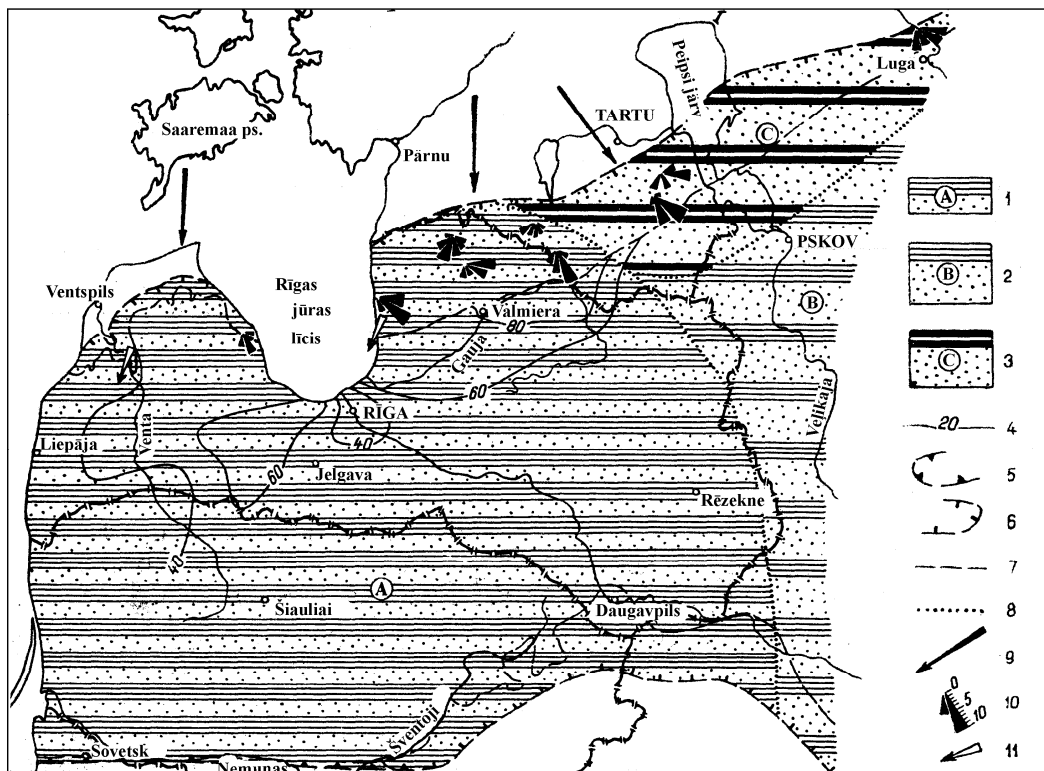
Burtnieku laikposma sedimentācijas baseina galvenie iemītnieki bija zivis, par vadfosilijām tiek uzskatītas *Pycnosteus tuberculatus* un *Asterolepis dellei*. Kā jau atzīmēts iepriekš, bezmugurkaulniekus sastop reti (Brangulis, u.c., 1998). Bez mugurkaulniekiem šādi apstākļi, kur baseinā pastāvīgi pieplūda drupu materiāls, nebija labvēlīgi. Burtnieku svītas zivju komplekss krasi atšķirās no Arukilas svītā sastopamajām zivīm, kas ļauj pārliecinoši noteikt Burtnieku svītas apakšējo robežu.

No Burtnieku svītas nogulumiem praktiskā nozīme ir māliem, kas samērā nelielā dziļumā iegul Latvijas ziemeļu un ziemeļaustrumu daļā. Burtnieku svītas mālainajos nogulumos Latvijā ir aptuveni 10 atradnes – Limbažu novadā Tūjā, Vitrupē, Pālē, Plančos, Jesperos u.c., kā arī dažas iegulas Valkas novada apkaimē. Šīs iegulas tās pēc izmēriem ir samērā nelielas ar diezgan sarežģītu ģeoloģisko uzbūvi. Piemēram, Vitrupes atradnes māla krājumi ir ap 2 milj.m³, Tūjā – ap 0,8 milj.m³.

Vidusdevona Burtnieku svītas mālainie ieži ir raibkrāsaini, vāji karbonātiskie mālainie aleirīti. Burtnieku svītas augšējā mālainā slāņkopa sastāv no dažādu nokrāsu sarkaniem mālainiem aleirolītiem, ko izraibina neskaitāmi zilganpelēki, dzelteni vai rūsgani plankumi vai lāsumi, karbonātu dzīslīņas, kunkuļi, konkrēcijas, kā arī treknāka māla un smilšakmens starpkārtas. Kopumā mālainajos iežos pārsvarā dominē aleirītiskā frakcija, kuras daudzums ir 30 – 40 %, mālainās frakcijas parasti ir mazāka.

Burtnieku svītas raibkrāsainie māli gandrīz vienmēr satur samērā daudz (līdz 20%) rupjgraudaino karbonātu. Rupjgraudainie ieslēgumi sastāv no mālaina vai no mergēļaina dolomīta. Karbonāts (dolomīts) cementē kvarca, laukšpata un vizlas graudus, mālainās

daļiņas, vietām konkrēcijās sastopami dzelzs oksīdu vai hidroksīdu sakopojumi. Šie rupjgraudainie ieslēgumi ievērojami pasliktina mālu izmantošanas iespējas. Mālaino frakciju sastāvā izteikti dominē illīts, kura sastāvs nav mazāks par 80 – 85 %. Pastāvīgi nelielā daudzumā 5-15% sastopams kaolinīts, kā arī hlorīts 5-10%.



2.1. attēls. Vidējā devona Burtnieku reģionālā stāva nogulumu izplatība un fācijas (Курш, 1975, apstrādāja J. Vasiļkova). Apzīmējumi: 1) salīdzinoši dziļa ūdens aleirītu un smilšu zona; 2) salīdzinoši sekla ūdens smilšu (krasi dominē) un aleirītu zona; 3) deltas zemūdens daļas smilšu un mālu zona; 4) izopahītas (nogulumu biezuma izolīnijas); 5) Burtnieku reģionālā stāva nogulumiežu izplatības robeža, ko noteica izskalojums pirms perma perioda; 6) Burtnieku reģionālā stāva nogulumiežu izplatības robeža, ko noteica izskalojums pirms kvartāra perioda; 7) daļēja pirmskvartāra izskalojuma robeža; 8) litofāciju zonu robežas; 9) drupu materiāla sanešu plūsmas virzieni; 10) slīpo slānīšu krituma azimutu rozēs diagrammas; ar cipariem norādīts mērījumu skaits; 11) slīpo slānīšu krituma azimuti pēc atsevišķu mērījumu rezultātiem.

No citiem savienojumiem, kas būtiski iespaido mālu izmantošanas iespējas, jāatzīmē Fe_2O_3 , tā daudzums ir visai ievērojams, vidēji ap 6%. Dzelzs savienojumi mālu apdedzināšanas procesā veido intensīvu krāsvielu - hematītu, kas māla izstrādājumiem piešķir izteikti sarkanu krāsu. Vidusdevona Burtnieku svītas māli ir izmantojami visdažādāko ķieģeļu un drenu cauruļu ražošanā (Kuršs, Stinkule, 1997).

3. MATERIĀLI UM METODEDES

Bakalaura darbā kā teorētiskais pamats galvenokārt tika izmantotas V. Kurša krievu valodā publicētās grāmatas „*Литоология и полезные ископаемые терригенного девона Главного поля*” (1975) un „*Девонское терригенное осадконакопление на Главном девонском поле*” (1992) un Ģ. Stinkuļa promocijas darbs ģeoloģijas doktora grāda iegūšanai (1998). Bakalaura darba tapšanas gaitā kā izziņas avots tika izmantoti arī jaunākie zviedru un igauņu ģeologu (K. Tānavsuu-Milkeviciene, P. Plink-Björkund, A. Pontén) pētījumi par vidusdevona plūdmaiņu ietekmētām deltas zonām Baltijas baseinā, bet sedimentoloģijas teorētiskie aspekti un sedimentācijas vides un fācijas iepazītas „*Sedimentology & Stratigraphy*”, Nichols (2007), „*Sedimentary Petrology*”, Tucker (2005), „*Sedimentary Rocks in the Field*”, Stow (2007), „*Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*”, Reading (1996).

Bakalaura darbā veicamie darbi tika iedalīti četrās daļās:

- teorētisko materiālu apkopošanā un apstrādē,
- lauka darbos,
- laboratorijas darbos,
- kamerālajos darbos.

Bakalaura darba tapšanās laikā tika apkopoti pieejamie literatūras materiāli par vidusdevona paleoģeogrāfiskajiem apstākļiem, nogulumu sedimentāciju un izplatību, īpaši, kas attiecas uz Živetas laikmeta Burtnieku svītu. Tika iepazītas arī klastiskās sedimentācijas vides, procesi un dažādās fācijas.

Lauka darbi tika veikti 2011. gada pavasarī (marts-aprīlis). Lauka darbu gaitā tika apsekotas Bezdelīgu klintis, kas atrodas Salacas upes kreisajā krastā. Atseguma dokumentēšana tika veikta trijos savstarpēji nodalītos Bezdelīgu klinšu posmos, kur nobrukumu rezultātā pirmais atdalīts no otrā atseguma posma, savukārt otrais nelielais starpposms no lielākās Bezdelīgu klinšu daļas atdalīts ar sezonāli aktīvu gravu.

Lauka grāmatiņā šajās trijās daļās tika sastādīti kopumā deviņi ģeoloģiskie griezumī aptuveni 2–4 m augstumā. Pirmajā atseguma posmā dažādos līmeņos ir trīs griezumī, otrajā – starpposmā viens griezums, bet trešajā lielākajā Bezdelīgu klinšu daļā - pieci ģeoloģiskie griezumī (3.1. att.).



3.1. attēls. **Bezdelīgu klinšu trīs posmi** (autores foto, 2011).

Atseguma siena tika arī fotografēta, kas ir būtisks papildus informācijas avots gan detalizētas informācijas iegūšanā, kas papildinātu zīmējumu, gan atseguma kopainas iegūšanai. Fotografijas tika izmantota arī lauka apstākļos, kad tur tika atzīmētas ģeoloģisko griezumu vietas, un iezīmētas nozīmīgākās slīpslāņoto sēriju virsmas.

Zīmējot ģeoloģisko griezumu lauka apstākļos, tika nomērīts smilšakmens slāņa biezums, atpazīta slāņa tekstūra un noteikti arī smiltsiežu graudu izmēri, kas uzreiz arī atlikti lauka grāmatiņas zīmējumā. Uz ģeoloģisko griezumu vertikālās ass tika atlikts slāņu biezums metros, bet uz horizontālās - graudu izmērs, no māla frakcijas līdz rupjas smilts frakcijai. Uz smilšakmens slāņa apakšējā robežas tiek atlikts smilšu graudu maksimālais izmērs, bet uz augšējās - minimālais izmērs.

Smilšakmens paraugi granulometriskajai analīzei lielākajā Bezdelīgu klinšu daļā tika ņemti trijos griezuma intervālos, sākot no lejas daļas, nedaudz virs Salacas upes līmeņa pie klinčs izvirzījuma, tad no vidusdaļas pamatnes līdz atseguma augšējai daļai.

Paleostraumju virziena noteikšanai ar ģeoloģisko kompasu tika mērīts slīpslāņoto sēriju slīpo slānīšu krituma leņķis un krituma azimuts. Slīpslāņotās tekstūras tika mērītas visos trijos Bezdelīgu klinčs atseguma posmos tajās ģeoloģisko griezumu zīmējumu vietās, kas bija sasniedzami. Papildus mērījumi tika veikti arī tajās atseguma daļās, kas netika zīmētas, lai iegūtu pēc iespējas vairāk datu paleostraumju virzienu interpretācijai. Pavisam tika veikts 61 slīpslāņojuma elementu mērījums, un pēc šiem datiem tika sastādīta rozēs diagramma, kas parāda paleostraumju virzienus un to izkliedi Burtņieku svītas smilšakmeņos Bezdelīgu klinčs.

Lai veiktu granulometrisku analīzi, pētījuma objektā no slīpslāņotajām sērijām vietās, kur sastādīti ģeoloģiskie griezumi, tika ievākti 28 ap 200 g (katrs) smagi smilšainā materiāla paraugi, un tie numurēti ar skaitļiem no 1 līdz 28.

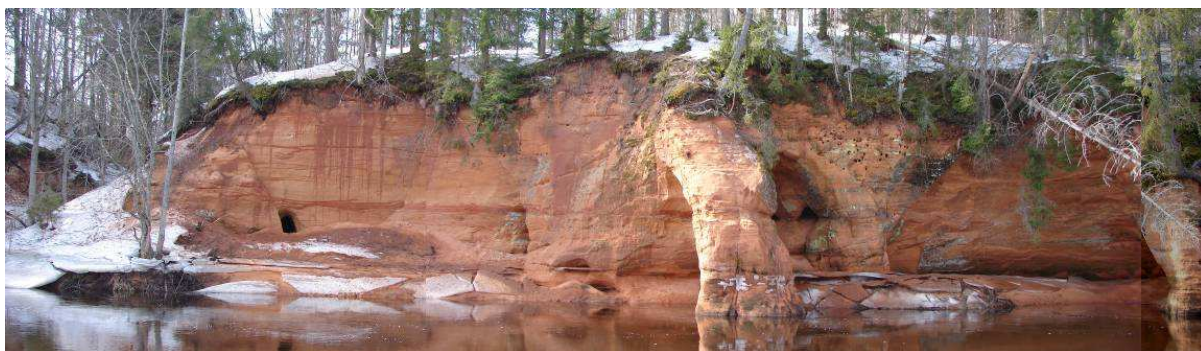
Laboratorijas darbu ietvaros Bezdelīgu klinčs sastopamo Burtņieku svītas smilšakmeņu granulometriskā analīze tika veikta Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Iežu pētījumu laboratorijā. Lai noteiktu nogulumu graudu izmērus un

šķirotību, tika izmantots četrpadsmit sietu komplekts un sijājamā iekārta *Retsch 200*. Granulometriskās analīzes veikšanai izmantoto sietu „acu” izmēri – 1 mm, kam seko 800 μm, 630 μm, 500 μm, 400 μm, 315 μm, 250 μm, 200 μm, 160 μm, 125 μm, 100 μm, 80 μm, 63 μm, 50 μm. Lai veiktu granulometrisko analīzi, šie 14 sieti tika sadalīti divās daļās, kur sijājamās iekārtas augšpusē savietoti rupjākie sieti, tad seko smalkāki. Vispirms paraugu nosver, vairumā gadījumu tika sijāti 100 g smagi paraugi.

Viena parauga sijāšana notika divos etapos, caur rupjākiem sietiem materiāls tika sijāts 10 minūtes un smalkākajiem 15 minūtes ar 60 Hz lielu intensitāti. Pēc sijāšanas laika beigām, katrā sietā palikušais smilšainais materiāls atkal tika nosvērts un atzīmēts tabulā, no kuras nākamajā kamerālo darbu etapā tiks veidotas granulometriskā sastāva diagrammas.

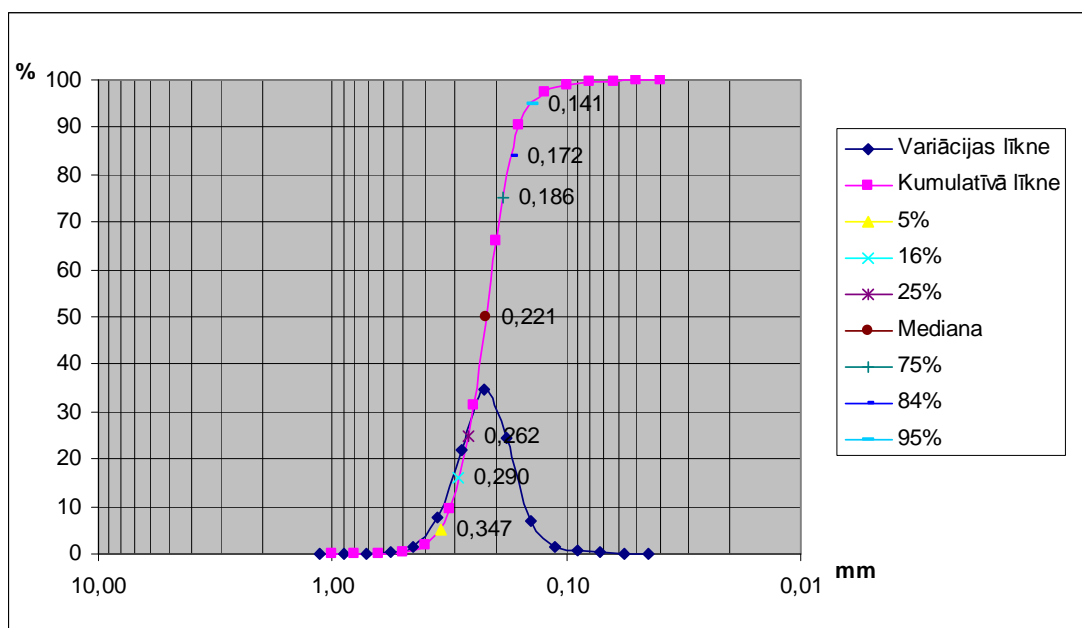
Kamerālo darbu ietvaros veikta lauka darbos un laboratorijas darbos iegūto rezultātu apstrāde. Bezdelīgu klinšu atsegumu zīmējumi no lauka grāmatiņas tika ieskenēti un pārzīmēti ar programmas *Corel Draw* palīdzību, atbilstoši mērogam tika atlikti slīpslāņoto sēriju biezumi, iezīmēts slīpslāņojums un atliktas smilšu paraugu ņemšanas vietas. Slīpo slāņu mērījumu rezultāti (krituma leņķis un azimuts) tika ievadīti programmā *Stereonet* un izveidota rozes diagramma, kur attēlots paleostraumju virziens.

Lai gūtu lielākā Bezdelīgu klinšu atseguma attēlu, tika izveidota fotomazaīka ar *Corel Photo Paint* programmas palīdzību, kas kalpoja par lielāku gultnes reljefa formu atpazīšanai lauka apstākļos, un pētījuma vēlākajos etapos ar programmas *Corel Draw* palīdzību atainotas, piemēram, tādas formas, kā plašas erozijas virsmas, sēkļi, lielākas zemūdens grēdas.



3.2. attēls. **Bezdelīgu klinšu fotomazaīka** (sastādīja Ģ. Stinkulis un L. Berga, 2011).

Granulometriskās analīzes rezultātu apstrādei tika izmantota *Microsoft Excel* programma. No iegūtajiem rezultātiem tika izveidotas divas līknes - variācijas un kumulatīvā (3.3. att.). Variācijas līkne attēlo materiāla šķirotības pakāpi, bet kumulatīvā ir piemērota vairāku granulometrisko koeficientu nolasīšanai un aprēķinam, atbilstoši (McManus, 1998) metodikai (3.4. att.), kas detalizēti apskatīts nodaļā „Smiltsiežu granulometriskais sastāvs Burtnieku svītā Bezdelīgu klintīs.



3.3. attēls. Kumulatīvā un variācijas līkne Burtņieku svītas smilšakmeņu paraugam Bezdelīgu klintīs (parauga Nr. -1)

Granulometriskos koeficientus aprēķināti veikti 28 Burtņieku svītas nogulumu paraugiem, kas ņemti Bezdelīgu klintīs, un iegūti šādi rādītāji: šķirotība, simetrija un līknes virsotnes smailums.

	Median	Mean	Dispersion	Skewness	Kurtosis
Metric	$Md = P_{50}$	$M = \frac{P_{75} + P_{25}}{2}$	$QDa = \frac{P_{75} - P_{25}}{2}$	$Ska = \frac{P_{75} + P_{25} - 2Md}{2}$	$Kqa = \frac{P_{75} - P_{25}}{2(P_{90} - P_{10})}$
			$S_o = (P_{75}/P_{25})^{\frac{1}{2}}$	$Sk = \frac{P_{75} \cdot P_{25}}{Md^2}$	
Phi	$Md = \phi_{50}$	$M\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84}}{2}$	$\sigma\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{2}$	$\alpha\phi = \frac{M\phi - Md\phi}{\sigma\phi}$	$\beta\phi = \frac{\frac{1}{2}(\phi_{95} - \phi_5) - \sigma\phi}{\sigma\phi}$
		$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$	$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$	$SK_1 = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$	$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$
(b) Descriptive terms applied to parameter values					
	Sorting (σ_1)		Skewness (SK_1)		Kurtosis (K_G)
Very well sorted	<0.35	Very positively skewed	+0.3 to +1.0	Very platykurtic	<0.67
Well sorted	0.35–0.50	Positively skewed	+0.1 to +0.3	Platykurtic	0.67–0.90
Moderately well sorted	0.50–0.70	Symmetrical	+0.1 to -0.1	Mesokurtic	0.90–1.11
Moderately sorted	0.70–1.00	Negatively skewed	-0.1 to -0.3	Leptokurtic	1.11–1.50
Poorly sorted	1.00–2.00	Very negatively skewed	-0.3 to -1.0	Very leptokurtic	1.50–3.00
Very poorly sorted	2.00–4.00			Extremely leptokurtic	>3.00
Extremely poorly sorted	>4.00				

3.4. attēls. Granulometriskās analīzes rezultātu interpretācijai izmantotās formulas (McManus, 1988).

Šķirotības (*sorting*) koeficients rāda, cik daudz vienā paraugā ir pārstāvēti vienas frakcijas graudi. Jo mazāks šķirotības rādītājs, jo materiāls ir labāk šķirotots. Ja kādas frakcijas smilšu graudu daudzums paraugā izteikti dominē, tad šķirotība ir labāka. Ja dominē vienas frakcijas graudu izmēri, tad analizēto drupu materiālu var saukt par labi šķirotu (McManus, 1988). Šķirotību raksturo šādas skaitliski izteiktas vērtības:

- $<0,35$ - ļoti laba šķirotība (*very well sorted*);
- $0,35-0,50$ - laba šķirotība (*well sorted*);
- $0,50-0,70$ - vidēji laba šķirotība (*moderately well sorted*);
- $0,70-1,00$ - viduvēja šķirotība (*moderately sorted*);
- $1,00-2,00$ - slikta šķirotība (*poorly sorted*);
- $2,00-4,00$ - ļoti slikta šķirotība (*very poorly sorted*);
- $>4,00$ - sevišķi slikta šķirotība (*extremely poorly sorted*).

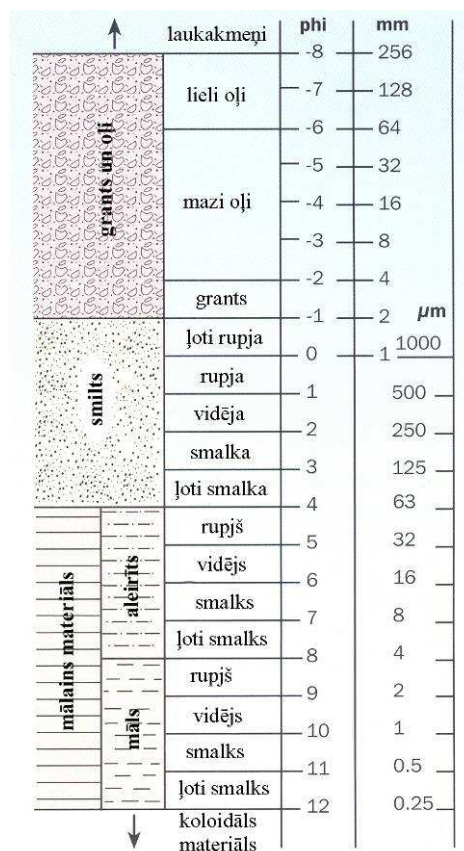
Simetrija (*skewness*) – vienmērīgi un labi šķirotos nogulumos mediānas un vidējā graudu izmēra vērtības sakrīt, līdz ar to, variācijas līknei ir zvanveida forma ar vienu vai vairākām virsotnēm, kas norāda, ka ir vairākas dominējošās graudu izmēru frakcijas. Tomēr variācijas līkne var būt asimetriska un noliekta vai nu uz kreiso vai labo pusi, tas ir, līkne ir noliekta uz smalkākā vai uz rupjākā materiāla pusi. Pozitīva simetrijas koeficienta vērtība atspoguļo līknes novirzi uz smalkākas frakcijas pusi, bet negatīvās koeficienta vērtības liecina, ka variācijas līkne ir novirzījusies uz rupjākās frakcijas pusi, skaitlis variē no $+1$ līdz -1 (McManus, 1988).

- $+0,3$ līdz $+1,0$ - ļoti pozitīva noliece (*very positively skewed*);
- $+0,1$ līdz $+0,3$ – pozitīva noliece (*positively skewed*);
- $+0,1$ līdz $-0,1$ – simetrija (*simmetrical*);
- $-0,1$ līdz $-0,3$ - negatīva noliece (*negatively skewed*);
- $-0,3$ līdz $-1,0$ - ļoti negatīva noliece (*very negatively skewed*).

Līknes virsotnes smaillums (*kurtosis*) ir šķirotības un simetrijas apvienojums, kas rāda, vai variācijas līknes smaile ir smaile vai noapaļota. Ja līknes virsotne ir smaile, tad materiāls ir labi šķirotots, bet ja līknes virsotnei ir plata, tad tas liecina par sliktu šķirotību (McManus, 1998, Buls, 2007).

- $<0,67$ - ļoti plata (*very platycurtic*);
- $0,67-0,90$ - plata (*platycurtic*);
- $0,90-1,11$ – viduvēja (*mesocurtic*);
- $1,11-1,50$ – smaile (*leptocurtic*);
- $1,50-3,00$ ļoti smaile (*very leptocurtic*);
- >3 – sevišķi smaile (*extremely leptocurtic*).

Iežu granulometriskā sastāva raksturošanai izmantota grāmatā „*Sedimentary Rocks in the Field*” (Stow, 2007) publicētā Adena–Ventvorsa drupu materiāla klasifikācija.



3.5. attēls. Adena–Ventvorsa nogulumiežu klasifikācija (pēc Stow, 2007).

Lai noteiktu aptuveno palaeobaseina dziļumu Burtnieku laikposmā tagadējā Bezdelīgu klinšu teritorijā, pēc slīpslāņoto sēriju biezumiem (muldveida slīpslāņojuma – zemūdens grēdu gadījumā), tika izmantotas Leklēra un Bridža formulas (Leclair, Bridge, 2001):

$$hm = 2,9 * sm, \text{ kur } hm - \text{vidējais smilšu slāņa sākotnējais augstums};$$

sm – slāņa biezums atsegumā;

koeficienta 2,9 precizitāte ir +/- 0,7.

$$6 < d/hm < 10;$$

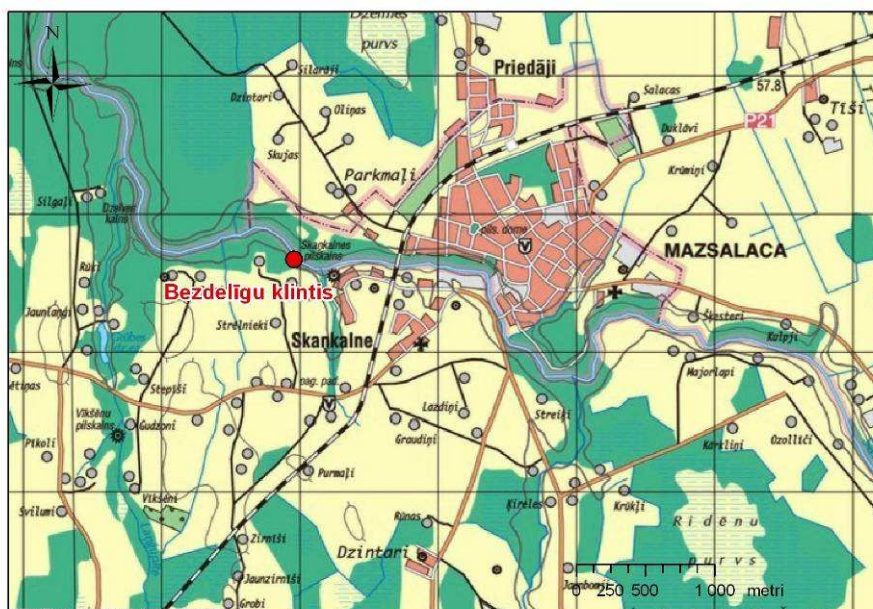
$$d_1 = hm * 6;$$

$d_2 = hm * 10$, kur d_1 un d_2 ūdens dziļuma mainīguma galējās vērtības.

Pēc formulas tiek iegūti divi galējie ūdens dziļuma rādītāji attiecīgās zemūdens grēdas veidošanās laikposmam, šajā pētījumā tiks izmatots arī abu iegūto ūdens dziļumu rezultātu vidējais rādītājs.

4. PĒTĪJUMA OBJEKTA VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS

Bezdelīgu klintis atrodas Ziemeļvidzemē, Mazsalacas novadā, aptuveni 300 m uz rietumiem no Lībiešu (Kolbergas) pilskalna un 200 m uz ziemeļiem no Sidrabu mājām (4.1. att.). Bezdelīgu klintis atrodas Salacas upes kreisajā krastā.



4.1. attēls. Bezdelīgu klinšu atseguma atrašanās vieta. Kartes pamatne: Latvijas Satelītkartes.

Jāatzīmē, ka Salacas upes ielejā atrodas vairāki lieli dabīgi sarkano smilšakmeņu atsegumi – Bezdelīgu klintis, atsegumi pie Eņģeļu alas, Neļķu klintis un Skaņaiskalns. Skaisti un neskarti atsegumi atrodas uz austrumiem no Bezdelīgu klintīm Dambjupītes krastos, tā turpat netālu no Bezdelīgu klintīm ietek Salacā. Šie objekti atrodas nedaudz nostāk no iepriekš minētajiem, populārajiem Burtnieku svītas atsegumiem. Šie visi ir aizsargājami ģeoloģiskie objekti, tai skaitā arī Bezdelīgu klintis ir aizsargājams ģeoloģisks objekts kopš 1977. gada. Nosaukums smilšakmeņu atsegumam pagājušajā gadsimtā dots dēļ lielās krastu čurkstu populācijas, kas ligzdošanas laikā apdzīvojušas klinti.

Bakalaura darbā pētītas Bezdelīgu klintis, kas ir aptuveni 4 – 7 m augsts un aptuveni 60 m garš atsegums, ko sadala sezonāli aktīva grava, kā arī mazāki nobrukumu rezultātā radušies pārtraukumi. Kopumā bakalaura darbā dokumentētas 3 Bezdelīgu klinšu daļas, kurās visās sienas vērsuma azimuts ir uz austrumiem.

Burtnieku svītas smilšakmens Bezdelīgu klinšu atsegumā ir irdens, tas vāji cementēts ar māla un dzelzs oksīda materiālu, un katru gadu tas pakļauts erozijas un nogrūvumu procesiem. Atsegums pēdējos gados krietni mainījies, ir nobrukusi liela arka un atsegušās

jaunas alas. Līdz ar rudens, ziemas un pavasara laikā paaugstinātu ūdens līmeni, ik gadus tiek noskalota Bezdelīgu klinšu pamatne.

Burtnieku svītas smilšakmeņus atsegumā spēcīgi ietekmē arī pazemes ūdeņu darbība un atmosfēras mitrums, kā rezultātā notiek dzelzs savienojumu migrācija. Vietām atsegumā varēja novērot pat rūsganas un tumši sarkanas Līzeganga joslas. Augsnes procesu rezultātā atseguma augšdaļā smilšakmeņi ir atkrāsoti (gaiši, dzeltenīgi), bet zem šīs gaišās zonas ir novērojamas līdz 3 cm biezas ortšteina joslas.

5. BURTNIEKU SVĪTAS NOGULUMIEŽU GRANULOMETRISKAIS SASTĀVS BEZDELĪGU KLINTĪS

Granulometriskās analīzes dati ir būtisks informācijas avots par nogulumu (smilšakmens) veidošanās apstākļiem, sedimentācijas mehānismu, ūdens straumju ātrumu un nogulsnešanās vidi. Pēc granulometriskās analīzes rezultātiem ir iespējams nodalīt dažādas sedimentācijas vides, kā arī fācijas. Bet, lai interpretācija būtu korektāka, graudu izmēru analīzes smilšakmeņiem vien nevajadzētu izmantot vides apstākļu interpretācijai, bet kombinācijā ar nogulumiežu tekstūrām, tās var būt noderīgas fāciju nodalīšanā un aprakstīšanā. Atsevišķās vidēs nogulsnētam smilšu materiālam ir raksturīgas dažas īpašas pazīmes, pēc kā var arī secināt, kādā vidē šis materiāls ir uzkrājies, piemēram, pludmales smiltis ir labi šķīrotas, bet ar negatīvu nolieci, bet fluviālos apstākļos veidojušās smiltis ir labi šķīrotas un parasti ar pozitīvu nolieci (Tucker, 2005).

Kopumā Burtņieku svītas smilšakmens Bezelīgu klinšu atsegumā ir smalkgraudains, pārsvarā dominē smalkas smilts frakcijas izmēros 0,25–0,20 mm vai arī 0,20–0,16 mm, vai nedaudzos gadījumos griezuma augšdaļā (22. paraugs) dominējošā izmēra smilšu frakcija ir no 0,125–0,1 mm, kas atbilst ļoti smalkas smilts frakcijai (5.1. tab.).

5.1. tabula

Burtņieku svītas nogulumu dominējošo smilšu frakciju izmērs Bezelīgu klintīs.

Frakcijas izmēri	0,315-0,25mm	0,25-0,2mm	0,2-0,16mm	0,16-0,125mm	0,125-0,1
Parauga numurs	12	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 23, 26, 27, 28	3, 4, 11, 13, 16, 17, 18, 20, 21.	19	22

Granulometriskā analīze tika veikta pavisam 28 paraugiem, sākot no atseguma lejas daļas, nedaudz virs Salacas upes līmeņa, līdz pat atseguma augstākajiem slāņiem aptuveni 7 m augstumā, un granulometriskās analīzes dati apkopoti 5.2. tabulā

Bezdelīgu klintīs sastopamo Burtnieku svītas smilšakmeņu granulometriskie koeficienti.**Paraugu noņemšanas vietas sk. 6.2., 6.3. att. ***

Parauga numurs	Mediana, mm	Šķirotība	Simetrija	Smailums
1	0,221	0,385	-0,021	1,077
2	0,202	0,446	-0,265	1,179
3	0,171	0,358	-0,024	1,165
4	0,166	0,375	-0,009	1,210
5	0,221	0,423	0,066	1,232
6	0,224	0,433	0,175	1,440
7	0,219	0,525	0,303	1,328
8	0,233	0,582	0,203	1,323
9	0,206	0,486	0,081	1,040
10	0,197	0,499	0,037	0,990
11	0,170	0,534	-0,251	1,443
12	0,256	0,458	-0,017	1,066
13	0,194	0,463	-0,034	1,110
14	0,207	0,421	0,016	1,098
15	0,224	0,473	-0,022	1,076
16	0,176	0,432	0,126	1,152
17	0,167	0,424	0,235	1,046
18	0,152	0,356	0,078	0,876
19	0,152	0,422	0,070	0,942
20	0,166	0,368	0,172	0,999
21	0,153	0,384	0,130	0,985
22	0,147	0,426	-0,008	0,860
23	0,212	0,543	0,161	1,035
24	0,182	0,499	0,057	1,125
25	0,198	0,500	0,092	1,311
26	0,204	0,566	0,001	0,926
27	0,201	0,450	0,163	1,177
28	0,199	0,526	0,281	1,211

*granulometriskie koeficienti ir nolasīti no kumulatīvajām līknēm, kuras apkopotas pielikumā.

Pie tādiem būtiskiem granulometriskajiem koeficientiem kā šķirotība, simetrija un smailums, tabulā pievienota arī mediana, kas rāda graudu vidējo lielumu, tā parāda vidējo daļiņu lielumu, par kuru 50% graudu ir lielāki (pēc masas) un 50% mazāki.

Lai raksturotu Bezzdelīgu klinšu vidējā smilšu graudu izmēra vertikālo mainību, netika ņemti vērā 5. un 6. smilšu paraugs no Bezzdelīgu klinšu ģeoloģiskā griezuma BK-6, jo tie raksturo aptuveni to pašu atseguma līmeni, ko 7.–10. smilšu paraugi, tādēļ granulometriskā sastāva izmaiņas griezumā raksturotas, pamatojoties uz 1.–4. paraugu un 7.–28. paraugu.

Bezzdelīgu klintīs no upes līmeņa līdz aptuveni 2 m līmenim smilšu vidējais graudu izmērs samazinās (1.–4. paraugs). Tad tas pieaug aptuveni no 2 līdz 2,5 m (7.–8. paraugs), kam seko nākamais graudu izmēru samazināšanās posms 2,5–3 m intervālā (8.–11. paraugs), tad aptuveni 3,5 m līmenī atseguma 12. smilšu paraugā graudu izmērs pieaug, bet 13. paraugā, aptuveni 3,8 m augstumā, graudu izmērs samazinās. Nākošajās smilšakmens sērijās līdz 15. paraugam graudu izmērs virzienā uz augšu palielinās līdz aptuveni 4,3 m. No 15. parauga smilšu graudu izmēri virzienā uz augšu samazinās līdz 19. paraugam (līdz aptuveni 4,8 m augstumam). 20. paraugā 5 m augstumā vidējais graudu izmērs ir nedaudz lielāks nekā iepriekšējā smilšu slānī un līdz 5,5 m augstumam, 22. paraugam vidējais graudu izmērs atkal samazinās. 23. paraugā vidējais smilšu graudu izmērs ir lielāks nekā iepriekšējā slānī, no 24. līdz 26. paraugam (6–6,5 m augstumā) smilšu graudu vidējais izmērs palielinās. No 26. parauga līdz 28. paraugam, kas noslēdz granulometriskā sastāva vertikālo variāciju raksturojumu (aptuveni 7 m augstumā), graudu izmērs samazinās.

Kopumā pēc medianas rādītājiem ir izsekojami vairāki vidējā graudu izmēra palielināšanās un samazināšanās cikli. Ir izsekojami seši lielāki cikli, kur graudu izmērs no apakšas uz augšu samazinās, tas ir, no 1. līdz 4. paraugam, no 8. līdz 11. paraugam, no 15. līdz 19. paraugam, no 20. līdz 22. paraugam, no 23. līdz 25. paraugam un no 26. līdz 28. paraugam. Tāpat izsekojami arī divi vidējo smilšu graudu izmēru palielināšanās cikli – no 15. līdz 18. paraugam un no 24. parauga līdz 26. paraugam. Vislielākais medianas rādītājs ir 8. paraugam, kas liecina par nedaudz spēcīgākas straumes darbību šīs slīpslāņotās sērijas veidošanās laikā.

Izvērtējot pētīto Burtnieku svītas smilšakmeņu granulometriskās analīzes rezultātus, var secināt, ka graudu izmēri griezumā variē, tie nedaudz pieaug vai samazinās, kas ir skaidrojams ar ūdens straumes atšķirīgo ātrumu un transportēšanas ceļa garumu, kas tādejādi ietekmē noteikta izmēra smilšu graudu nogulsnešanos senajās ūdens straumēs. Smilšu graudu vidējie izmēri pētītajiem paraugiem kopumā ir 0,147–0,256 mm robežās.

Lielākā daļa pētīto smilšakmeņu sastāv no labi šķirota materiāla - 1., 2., 4., 5., 6., 9., 10., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 21., 22., 24., 25., 27. paraugos. Seši no 28 smilšu paraugiem raksturo vidēji labi šķirotu smilšaino materiālu - 7., 8., 11., 23., 26., 28. paraugi. Šāda samērā augstā smilšainā materiāla šķirotība ir raksturīga ūdens transportēšanas videi.

Salīdzinot šķirotības rādītājus, var secināt, ka, lai arī smiltis Bezdēlīgu klinšu atsegumā ir labi šķirotas, vairākos smilšakmens slāņos ir nedaudz zemāka šķirotība, kas arī liecina, ka smiltis nogulsņējušās mainīgā hidrodinamiskajā režīmā – atšķirīgs straumju ātrums un nogulumu transportēšanas ceļš. Kopumā šķirotības koeficients svārstās no 0,358 līdz 0,566.

Salīdzinot granulometriskajā analīzes iegūtos medianas un šķirotības rādītājus, ir vērojams, ka lielākoties, jo smalkgraudaināks smilšainais materiāls, jo šķirotība ir augstāka.

Izvērtējot variācijas līknes simetriju, var konstatēt, ka stipra pozitīvā novirze uz smalkā materiāla pusi ir vienam smilšu paraugam – 7., pozitīva novirze uz smalkākā materiāla pusi ir deviņiem paraugiem - 6., 8., 16., 17., 20., 21., 23., 27., 28., kas norāda, ka paraugos ir relatīvi vairāk smalko frakciju. Simetriska variācijas līkne ir septiņpadsmit paraugiem - 1., 3., 4., 5., 9., 10., 12., 13., 14., 15., 18., 19., 22., 24., 25., 26. Simetrijas līknes noliekums uz negatīvo pusi, kas nozīmē lielāku rupjāko daļiņu īpatsvaru, tika konstatēts diviem paraugiem – 2., 11. Tas nozīmē, ka Burtnieku laikposmā tagadējā Bezdēlīgu klinšu teritorijā ūdens plūsmas pārsvarā bijušas piesātinātas ar smalku smilšu materiālu. Zināms, ka fluviālo smilšaino nogulumu, arī deltu un estuāru nogulumu variācijas līknēm parasti raksturīga pozitīva noliece tādēļ, ka salīdzinoši smalkais materiāls nav iznests laukā ar straumju darbību, bet ir ieslēgts starp lielākajiem smilšu graudiem (Tucker, 2005).

Pēc simetrijas rādītāja skaitļiem, var novērot, ka labāk šķirotam materiālam variācijas līknes ir simetriskas, vairumā paraugu tas ir robežās no +0,1 līdz -0,1. Tas nozīmē, ka konkrētajā slānī dominē viena frakcija un ka smalkāko un rupjāko frakciju daudzums samazinās vienmērīgi.

Variācijas līknes virsotnes smailums raksturo gan šķirotību, gan simetriju. Ja variācijas līkne ir simetriska, tad konkrētajā slānī dominē viena frakcija un gan smalkāko, gan rupjāko frakciju daudzums samazinās vienmērīgi.

Samērā plata līknes virsotne ir diviem paraugiem 18. un 22., kas liecina arī par nedaudz vājāku šķirotību, vidēji smaile variācijas līknes virsotne ir lielākajai daļai paraugu – 1., 9., 10., 12., 13., 14., 15., 17., 19., 20., 23., 26.. Smaila virsotne ir 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 11., 16., 24., 25., 27., 28. Ļoti smaile virsotne ir 16.paraugam.

Izteikti atšķirīgs ir 11. paraugs, kur praktiski iztrūkst smilšu frakcijas 0,20-0,25 mm, no kopēja parauga daudzuma tikai 0,21%, kas rada variācijas līknes divus pīķus. Šajā slīpslāņotajā sērijā, no kuras paraugs tika paņemts, atšķirības netika konstatētas, tas bija līdzīgs daudziem citiem smilšakmens slāņiem – ar māla un vizlas kārtiņām uz slīpo smilšu slāniņu virsmas. Iespējams, ka bimodālais graudu izmēru sadalījums apstiprina plūdmaiņu procesu ietekmi.

Lai noskaidrotu smilšakmens granulometriskā sastāva rādītāju laterālo mainību, tika salīdzināti kursa darbā (Berga, 2009) iegūtie granulometriskās analīzes rezultāti (5.3. tab.) ar bakalaura darbā veikto analīžu rezultātiem. Kursa darbā pētīta neliela Bezdelīgu klinšu austrumu daļa, kas no redzamākās, galvenās ģeoloģiskā objekta daļas ir atdalīta ar sezonāli aktīvu gravu.

5.3. tabula

**Bezdelīgu klintīs sastopamo Burtnieku svītas smilšakmeņu granulometriskie koeficienti
(pēc Berga, 2010)**

Parauga numurs	Mediana, mm	Šķirotība	Simetrija	Smailums
BKa-1	0,242	0,507	0,198	1,489
BKa-2	0,171	0,326	0,211	1,170
BKa-3	0,162	0,465	0,128	1,016
BKa-4	0,166	0,506	0,153	1,012
BKa-5	0,138	0,368	0,285	1,088
BKa-6	0,172	0,415	0,161	1,124
BKa-7	0,176	0,342	0,105	1,057
BKa-8	0,182	0,420	0,042	1,006
BKa-9	0,189	0,571	0,389	0,994

Lai gan kursa darbā sastādītajā ģeoloģiskajā griezumā smilšu paraugi tika ņemti randomizēti, arī šeit novērojama tendence graudu izmēriem cikliski samazināties, ir konstatējamās mediānas atšķirības – no 0,1381 līdz 0,2410 mm, vidējā vērtība ir 0,1568 mm, kas atbilst smalkgraudainai smiltij. Bakalaura darbā pētītajā atsegumā, mediana svārstās no 0,147 līdz 0,233 mm, vidējais medianas lielums ir 0,193 mm. Lai gan kursa darbā pētītajā atsegumā noņemto paraugu skaits nav liels, tomēr var secināt, ka smilšu graudu vidējam izmēram austrumu virzienā ir tendence nedaudz samazināties.

Samērā līdzīgi ir šķirotības rādītāji - labi un vidēji labi šķirotas smiltis, savukārt simetrijas līknes kursa darba pētītajā Bezdelīgu klinšu atsegumā daļā noņemto paraugu gadījumā ir noliekta tikai uz smalkāko frakciju pusi, bet variācijas līknes virsotne, līdzīgi kā jaunākajos iegūtajos rezultātos, ir smaila vai nedaudz noapaļota.

6. FĀCIJAS

Bakalaura darba gaitās Bezdelīgu klintīs sastādītajos ģeoloģiskajos griezumos tika izdalītas astoņas fācijas (6.1, 6.2 un 6.3. att.). Tās tika izdalītas, pamatojoties uz šādām pazīmēm - slāņojuma tekstūras, smilšakmens graudu izmēra, specifiskām sedimentoloģisko vidi raksturojošas pazīmēm – māla un vizlas kārtiņas, māla lēcas un māla saveltņi. Tika pievērsta uzmanība arī smilšakmens slāņa biezumam un izplatībai laterālā virzienā

Pirmā fācija – smalkgraudains līdz ļoti smalkgraudains smilšakmens ar horizontālu vai subhorizontālu slāņojumu, ar māla un vizlas kārtiņām un māla lēcām uz tā.

Otrā fācija – vidējgraudains līdz smalkgraudains smilšakmens ar paralēlu slīpslāņojumu, ar māla un vizlas kārtiņām uz slīpajiem slānīšiem.

Trešā fācija – vidējgraudains līdz smalkgraudains smilšakmens ar muldveida slīpslāņojumu, ar māla un vizlas slānīšiem, māla saveltņiem un māla lēcām.

Ceturtnā fācija – vidējgraudains līdz smalkgraudains smilšakmens ar masīvu tekstūru.

Piektā fācija - vidējgraudains līdz ļoti smalkgraudains smilšakmens ar sigmoidālu slīpslāņojumu, ar māla un vizlas kārtiņām.

Sestā fācija – smalkgraudains līdz ļoti smalkgraudains smilšakmens ar straujuma slāņojumu, ar māla un vizlas kārtiņām

Septītā fācija – smalkgraudains smilšakmens ar deformētu (konvolūtu) slāņojumu, ar māla un vizlas kārtiņām.

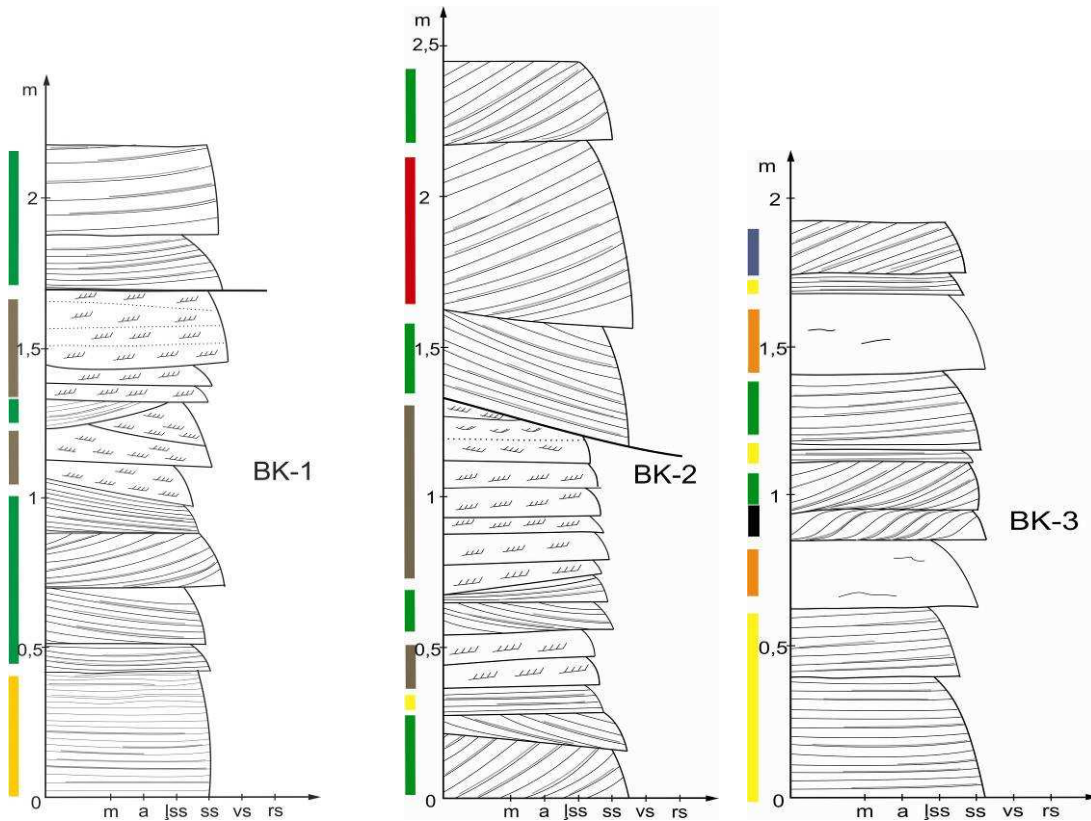
Astotā fācija – no vidējgraudaina starp smalkgraudainu līdz ļoti smalkgraudainam smilšakmenim ar muldveida un paralēlu slīpslāņojumu, ar māla un vizlas kārtiņām, laterāli fācijas izplatība pārsniedz 10 m attālumu.

Bezdelīgu klinšu zīmējumu kārtas numuri atbilst izvietojumam virzienā no austrumiem uz rietumiem.

Pirmā fācija – satopama griezumos BK-1, 2, 3 un 4. Šī fācija sastāv no smalkas smilts, un tai raksturīgi, ka uz smilšakmeņu slānīšiem horizontāli vai subhorizontāli nogulsņējies mālains uz vizlains materiāls, šie slānīši ir plāni, nepārsniedz 1 mm. Pirmās fācijas smilšakmens sēriju biezums ir no 6 – 43 cm.

Interpretācija

Horizontāls vai subhorizontāls slāņojums ir veidots samērā lēnās plūdmaiņu straumēs divdimensionālās zemūdens grēdās, pa līdzenu gultni. Mālainais un vizlains materiāls liecina par plūdmaiņu ietekmi.



6.1. attēls. Vidusdevona Burtnieku svītas ģeoloģiskie griezumā BK-1 – BK-3 un tur sastopamās fācījas. Bezdelīgu klinšu austrumu daļa.

6.1.-6.3. attēla apzīmējumi

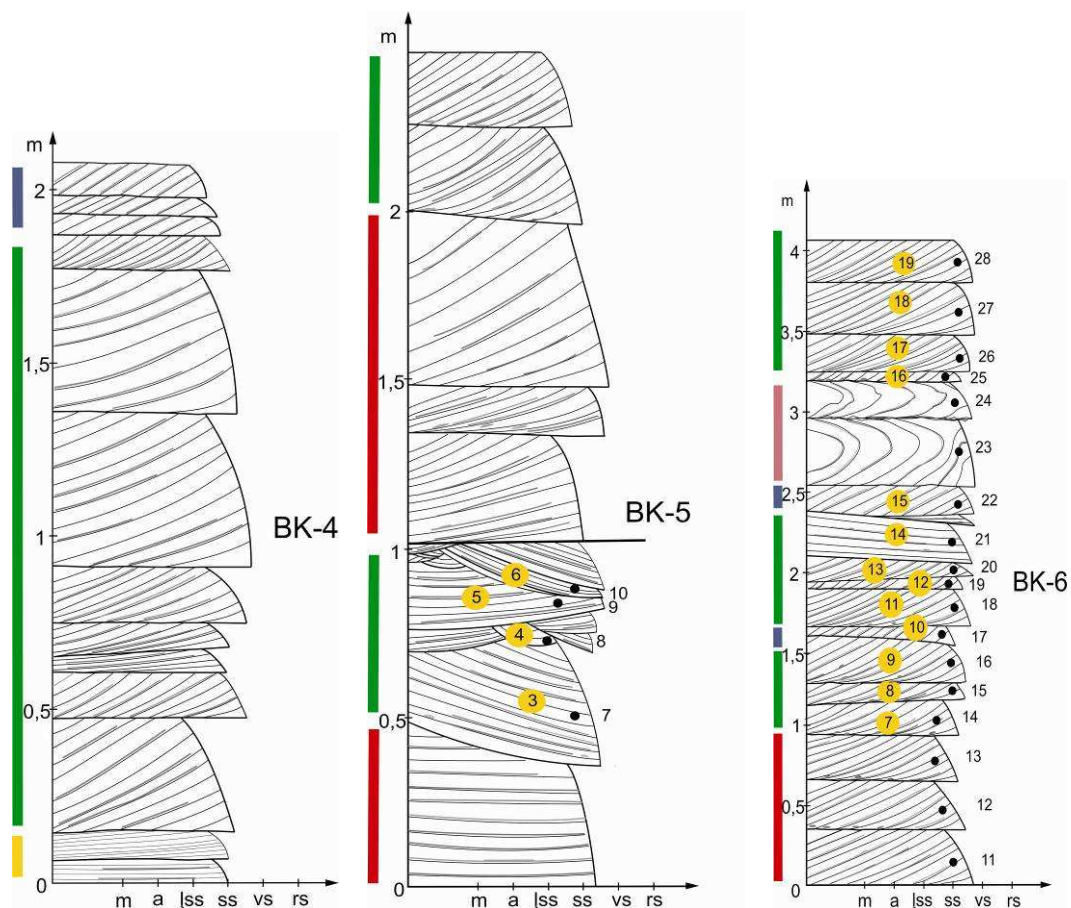


:

Otrā fācija – sastopama BK-3, BK-4 un BK- 6 griezumā, šo paralēlo slīpslāņoto sēriju biezums ir neliels –6– 6 cm, uz slīpajiem smilšu slāņiem ir 1-2 mm biezas māla un vizlas kārtiņas, smilšakmens sastāv no labi šķirotas vidējgraudainas līdz ļoti smalkai smiltij. Otrās fācijas smilšu nogulumi vērojami atsegumu augšējās daļās.

Interpretācija

Paralēls slīpslāņojums veidojas, migrējot divdimensiju zemūdens grēdām. Māla un vizlas kārtiņas apliecina plūdmaiņu vidi. Kopumā veidošanās apstākļi ir līdzīgi pirmās fācijas veidošanās apstākļiem.



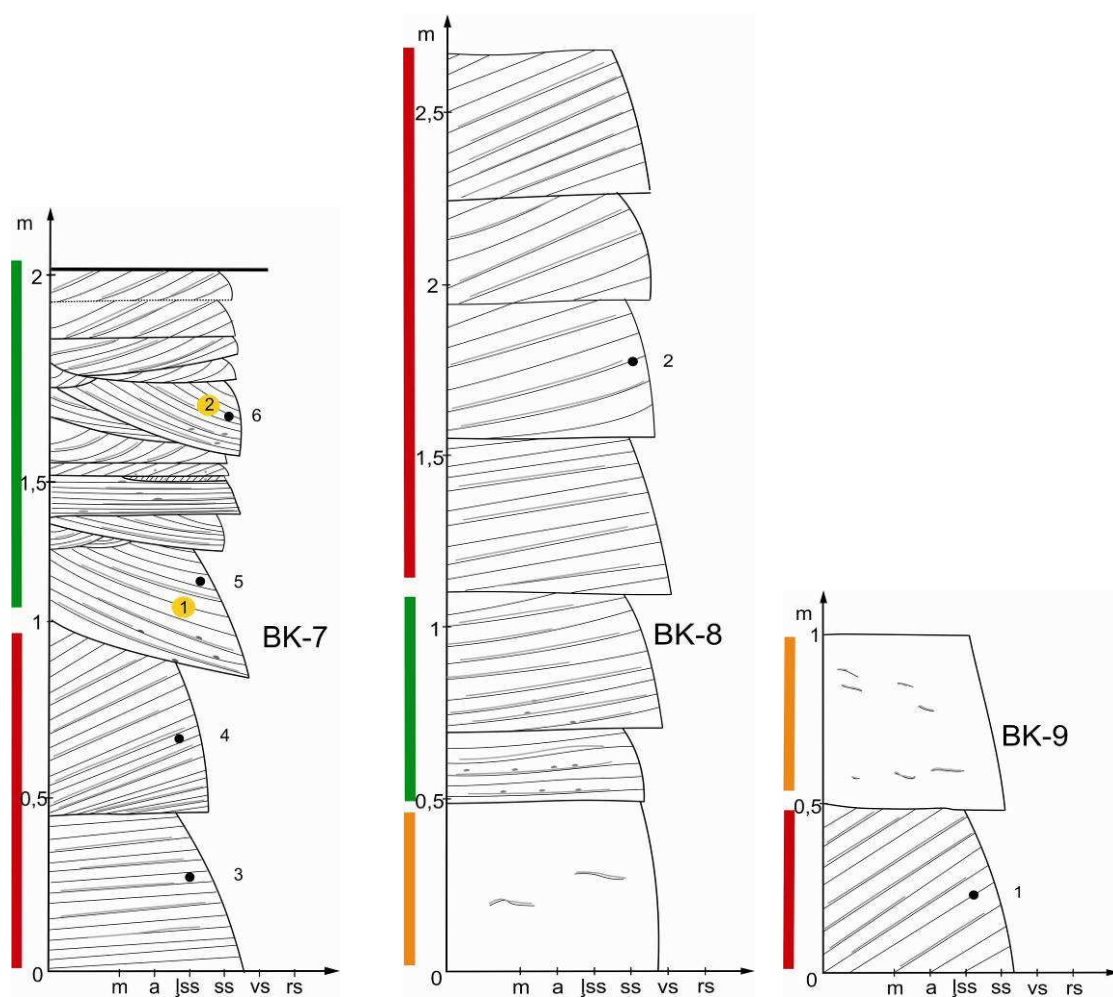
6.2. attēls. Vidusdevona Burtnieku svītas ģeoloģiskie griezumā BK-4 – BK-6 un tur sastopamās fācijas. Bezdēlīgu klinšu BK-4 starpposms, BK-5 un BK-6 atseguma rietumu daļa.

Trešā fācija – ir visbiežāk Bezdēlīgu klintīs sastopamā smilšakmens fācija, tā sastopama visos 9 dokumentētajos griezumos. Smilšakmens sastāv no vidējgraudainas līdz ļoti smalkgraudainai smiltij, ar 1–3 mm biežām māla un vizlas kārtiņām uz smilšu slāņiem, vairumam slīpslāņoto sēriju bāzes daļā vai vietām uz slīpajiem slāņiem ir māla saveltņi, kas izmērā nepārsniedz 1,5 cm un plānas māla lēcas līdz 4 cm garumā un pāris milimetru biezumā. Smilšakmens slīpslāņoto sēriju biezums variē no 5 cm līdz 40 cm. Vairumā

slīpslāņoto sēriju vērojamas mālaini vizlains un smilšu slāņīšu cikliska mijā - plūdmaiņu kopas (*tidal bundles*).

Interpretācija

Trešās fācijas nogulumi veidojušies, trīsdimensiju zemūdens grēdām migrējot pa plūdmaiņu kanāla gultni. Smilšu graudi pārvietoti, veļot un ripinot pa kanāla gultni. Plūdmaiņu kopas veidojas, kad ūdens līmenis ceļas un krīt divas reizes dienā, (*semidiurnal tides*) vai kad ūdens līmenis ceļas un krīt vienu reizi dienā (*diurnal tides*) (Reading, 2005). Šādi kanālu nogulumi ir sastopami kā fluviālos apstākļos, tā deltu un estuāru vidē. Māla un vizlas kārtiņas uz smilšu slāņīšiem liecina, ka nogulumi veidojušies plūdmaiņu ietekmētā vidē. Par samērā lielu straumes ātrumu, savukārt, liecina tas, ka tika pārvietoti ne tikai smilšu graudi, bet arī māla saveltņi (Dalrymple and Choi, 2007).



6.3. attēls. Vidusdevona Burtnieku svītas ģeoloģiskie griezumumi BK-7 – BK-9 un tur izdalītās fācijas. Bezdelīgu klinšu rietumu daļa.

Ceturrtā fācija – smilšakmeņi ar masīvu tekstūru sastopami BK-3, 8 un 9 ģeoloģiskajā griezumā. Tie sastāv no vidējgraudainas līdz smalkgraudainai smiltij, tomēr ir vērojams arī

mālainais un vizlains materiāls, kas veido retas, haotiski orientētas iegarenus un ieslīpus, kā arī lauztas līnijas formas ieslēgumus. Ceturtās fācijas smilšakmens sērijas ir samērā biezas 23, 27 un 50 cm.

Interpretācija

Masīvas tekstūras smilšakmeņi var veidoties dažādos apstākļos. Vieni no šādiem apstākļiem ir izgulsnēšanās no plūsmas, kas piesātināta ar sanešiem. Par šādu sedimentācijas vidi liecina arī haotiski izklieģtie mālainie un vizlainie ieslēgumi. Šādi apstākļi ir iespējami deltas nogāzē, kur krasi samazinās straumes ātrums un notiek strauja klastiskā materiāla izgulsnēšanās.

Piektā fācija – sastopama tikai BK-3 griezumā. Smilšakmens sastāv no vidējgraudainas līdz ļoti smalkgraudainai smiltij, uz smilšu slānīšiem izgulsnējušās 3 mm biezas māla un vizlas kārtiņas, vērojamas plūdmaiņu kopas. Sigmoidālās sērijas biezums ir 15 cm. Sigmoidālo slīpslāņojumu sauc arī par S-veida slīpslāņojumu (Kypurc, 1992).

Interpretācija

Šādi nogulumi veidojas, migrējot zemūdens grēdām plūdmaiņu straumēs, (Pónten, Plink-Björklund, 2007). Iespējams arī, ka notikusi strauja ūdens līmeņa paaugstināšanās un salīdzinoši mazs nogulumu pieplūdums, kas ļauj slīpā slānīša virsmai agradēt, bet zemākai daļai progradēt (Reading, 2005).

Sestās fācijas fācijas nogulumi sastopami tikai pašā atseguma austrumu daļā BK-1 un BK-2 griezumos. Straumju ripsnojuma slāņotās sērijas ir neliela biezuma - līdz 10 cm, slāņu robežas bieži vien ir grūti nošķiramas. Slānīši sastāv no ļoti smalkas smilts, māla un vizlas.

Interpretācija

Straumju ripsnojums veidojas lēnās straumēs sekla ūdens apstākļos (Nichols, 2007).

Septītā fācija - sastopama tikai BK – 6 griezuma augšdaļā, Tās ir samērā biezas slīpslāņotās sērijas 35 un 40 cm biezumā, kas sastāv no vidējgraudainas līdz ļoti smalkgraudainām smiltīm, ar 2 – 3 mm biežām māla un vizlas kārtiņām uz slīpajiem slānīšiem.

Interpretācija

Sākotnēji nogulumi ir veidojušies plūdmaiņu kanālā, migrējot zemūdens grēdām. Pēc nogulumu uzkrāšanās plūstošās straumes spiediens ir izraisījis slīpslāņotās sērijas augšdaļas deformāciju. Nevar izslēgt arī noslīdeņu procesu ietekmi.

Astotā fācija ir otra izplatītākā fācija Bezdelīgu klinšu atsegumā. Tās ir plašas, laterāli salīdzinoši tālu izsekojamas slīpslāņotās sērijas, kam ir raksturīgas subhorizontāls, kā arī ieslīps paralēls un muldveida slīpslāņojums. Smilšainais materiāls ir no vidējgraudaina līdz ļoti smalkgraudainam. Horizontāli slāņotajās sērijās ir nepārtrauktas 1-2 mm biezas māla un vizlas kārtiņas, ieslīpā paralēlā slāņojuma gadījumā vērojamas plūdmaiņu kopas. Astotās fācijas smilšakmens sēriju biezums ir 35–60 cm.

Interpretācija

Šīs samērā biežās un laterāli tālu (vairāk par 10 m) izsekojamās smilšakmens sērijas ir uzskatāmas par sēkļiem.

7. FĀCIJU SECĪBA

Lai interpretētu vidi, kādā konkrētā vidē fācija ir veidojusies un raksturotu šīs vides izmaiņas, ir jāanalizē fāciju vertikālā secība (Stow, 2007), pievēršot uzmanību arī to laterālai izplatībai. Lai gan pavisam atsegumā konstatētas astoņas dažādas fācijas, to veidošanās apstākļiem ir daudz līdzību.

Bezdelīgu klinšu austrumu daļas (pirmajā posmā) atseguma BK-1 griezuma pamatnē (sk. 6.1. att.) apakšējām divām slīpslāņotajām sērijām raksturīgs subhorizontāls slāņojums (pirmā fācija). Domājams, ka tās ir veidojušās samērā mierīgās plūdmaiņu straumēs un gludas gultnes apstākļos. Līdzīgi apstākļi ir bijuši arī vēlāk, tikai ievērojami samazinājies attiecīgās baseina daļas ūdens dziļums - sestās fācijas nogulumu uzkrājušies seklā ūdenī, ar smalku un suspendētu materiālu piesātinātās straumēs (BK-1 un BK-2 atseguma lejas daļā).

Šādi sedimentācijas apstākļi ir saglabājušies, straumes sekla ūdens apstākļos plūdušas vairākos virzienos, un veidojušas aptuveni līdz 1 m biezu slāņkopu ar straumju ripsnojuma slāņojumu (7.1. att.). Griezumos BK-1 un BK-2 vērojams, ka virs smilšakmens ar ripsnojuma slāņojumu, nedaudz zemāk par atseguma vidusdaļā, ir divas samērā garas (katra apmēram 6 m) zemūdens grēdas (trešā fācija), kas virzījušās lejup pa kanāla gultni. Arī šīs zemūdens grēdas ir veidojušās plūdmaiņu apstākļos, jo uz slīpajiem slāņiem labi izsekojamas māla un vizlas kārtiņas.



7.1. attēls. **Sestā fācija – smilšakmens ar straumju ripsnojuma slāņojums Bezdelīgu klintīs**
(autores foto, 2001).

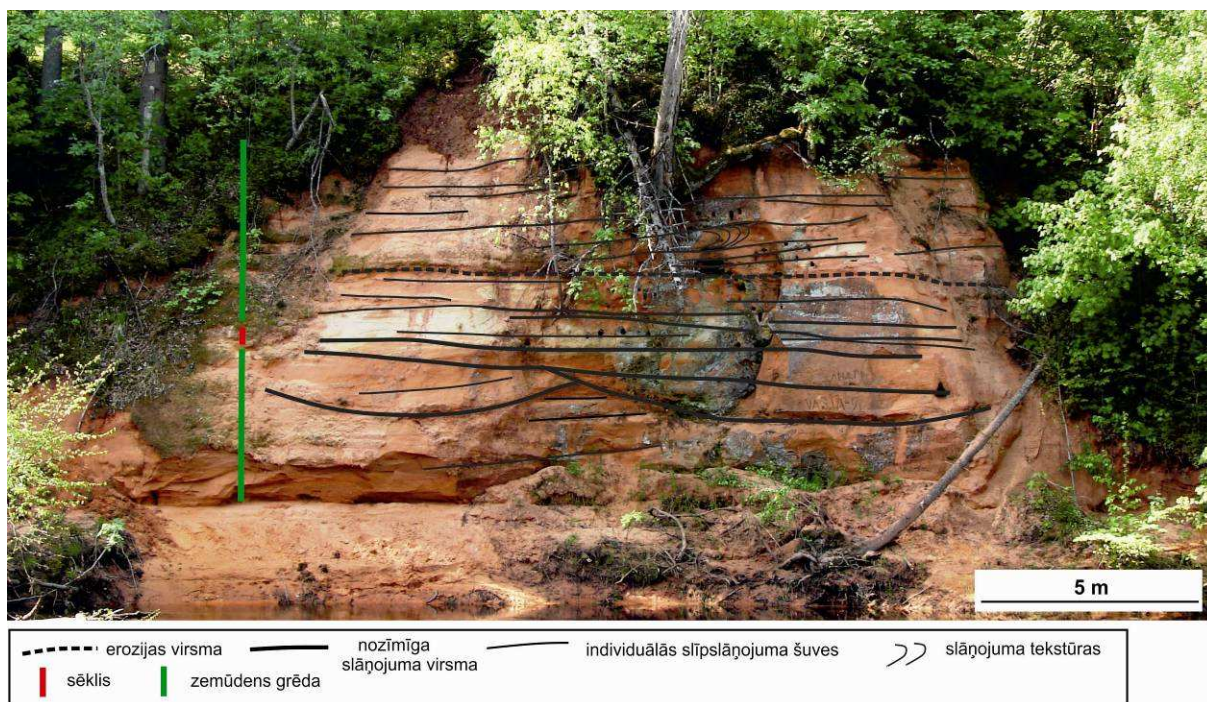
Tad sedimentācijas apstākļi attiecīgajā baseina daļā ir mainījušies, un ir izveidojies aptuveni 12 m garš un 50 cm biezs (no izskalojuma saglabājies biežums) sēklis ar ieslīpu slāņojumu (astotā fācija). Lai gan atseguma vidusdaļā nav veikta ģeoloģiskā dokumentācija, ir vērojams muldveida slīpslāņojums, kas raksturīgs zemūdens grēdām.

Ģeoloģiskā dokumentācija (BK-3) turpināta šī atseguma augšdaļā, ziemeļu pusē (sk. 6.1. att.), kur divas smalkgraudainas smilts sērijas (pirmā fācija) pārvietojušās lēnās plūdmaiņu straumēs pa līdzenu gultni. Šīm sērijām seko vidējgraudains līdz smalkgraudains ceturtās fācijas smilšakmens ar masīvu tekstūru, kas liecina, ka nogulumu pārvietojušies ar drupu materiālu piesātinātās straumēs, kuras ātruma samazināšanās dēļ, visticamāk ir notikusi izgulsnēšanās.

Augstāk ir izveidojusies piektās fācijas smalkgraudaina, ar sigmiodālu slīpslāņojumu, smilšakmens sērija, kas liecina, ka attiecīgajā slāņa veidošanās laikā baseina ūdens līmenis ir bijis paaugstināts un plūdmaiņu straumes pārvietojušās salīdzinoši maz drupu materiāla, kā rezultātā sigmiodālās sērijas augšdaļa nav erodēta. Šajā slīpslāņotajā sērijā izteikti vērojamas plūdmaiņu cikliskuma izpausmes, kur mālainās kārtiņas biežākās slāņšos nogulsņējušās vājāko plūdmaiņu (*neap tide*) laikā.

Līdzīgi sedimentācijas apstākļi turpinājās, un smilšainie nogulumu pārvietojās zemūdens grēdās (trešā fācija); tad ar drupu materiālu piesātinātās straumes ātrums samazinājās un izgulsnējas ceturtās fācijas masīvas tekstūras smilšakmens sērijas. Dokumentētās griezumdaļas augšējā daļa liecina, ka bija izveidojušās pirmās un otrās fācijas smilšakmens sērijas, kuras liecina par drupu materiāla transportu lēnās straumēs, divdimensionālās zemūdens grēdās, un arī šajā epizodē bija vērojama plūdmaiņu ietekme.

Izvērtējot šai atseguma (sk. 7.2. att.) daļai raksturīgo fāciju secību, jāsecina, ka nogulumu uzkrāšanās apstākļi ir bijuši mainīgi. Sākotnēji baseins ir bijis ļoti sekls, un lēnās straumes pārvietojušās ļoti smalku drupu materiālu, tad apstākļi ir mainījušies, ūdens ir padziļinājies, un straumes transportējušās drupu materiālu zemūdens grēdās. Sēkļa fācija liecina, ka plūdmaiņu kanāli ir meandrējuši un mainījuši virzienu, un veidojies sēklis, virs tā atkal kanāli ir migrējuši un materiāls pārvietojies zemūdens grēdās. Atseguma augšdaļā divas slīpslāņotās sērijas ar masīvu tekstūru liecina, ka strauji ir samazinājies straumes ātrums, un nogulumu izgulsnējušies ātri. Iespējams, ka straumes ātrums samazinājās, tai ieplūstot dziļākā baseina daļā.



7.2. attēls. Bezdelīgu klinšu austrumu daļa ar nozīmīgākajām noslāņojuma virsmām (attēlu izveidoja autore).

Bezdelīgu klinšu starposmā BK-4 (sk. 6.2. att.) ir izdalītas 13 slīpslāņotās sērijas un trīs griezuma intervāli, katru no kuriem veido viena fācija. Griezuma pamatnē ir divas pēc veidošanās apstākļiem līdzīgas slīpslāņotās sērijas ar subhorizontālu slāņojumu (pirmā fācija), kas veidojušās samērā lēnu plūdmaiņu straumju apstākļos, augstāk hidrodinamiskais režīms ir mainījies un nogulumi uzkrājas zemūdens grēdās (trešā fācija), šīm smilšakmens sērijām ir raksturīgs muldveida slīpslāņojums ar māla un vizlas kārtiņām uz slīpajiem slāņiņiem. Griezuma augšdaļā ir otrajai fācijai atbilstošs paralēli slīpslāņots, smalkgraudains smilšakmens ar izteiktām, līdz 2 mm biezām māla un vizlas kārtiņām uz slīpajiem slāņiņiem. Šajā atseguma daļā straumes ir pārvietojušas drupu materiālu gan divdimensionālās, gan trīsdimensionālās zemūdens grēdās.

Lielākajā Bezdelīgu klinšu atseguma rietumu daļā (sk 6.3. att.) kopumā dominē divas fācijas– astotā un trešā, ko atseguma augšdaļā divās vietās pārtrauc otrās fācijas paralēli slāņotās smilšakmens sērijas.

Atseguma pamatnē (griezuma BK-9 apakšdaļā) ir 50 cm bieza un laterāli izsekojama smalkgraudaina, labi šķirota smilšakmens slīpslāņotā sērija, kas atbilst sēkļu formai. Uz smilšu slāņiņiem viscaur vienādā biezumā izgulsnējies mālains un vizlains materiāls.

Virš sēkļa atšķirīgos hidrodinamiskajos apstākļos ir izveidojusies masīva smilšakmens sērija ar vietām saskatāmiem, haotiski izvietotiem māla un vizlas iegareniem ieslēgumiem. Virzienā uz augšu (BK-8 griezuma daļā) ir divas zemūdens grēdas ar lielu daudzumu māla

saveltņu uz slīpajiem slānīšiem (7.3. att.), kas liecina par tuvumā izskalotu mālainu slāni. Šīs zemūdens grēdas ir veidojušās samērā ātrās straumēs, jo tiek pārvietoti arī līdz 1 cm gari un dažus mm biezi māla saveltņi.



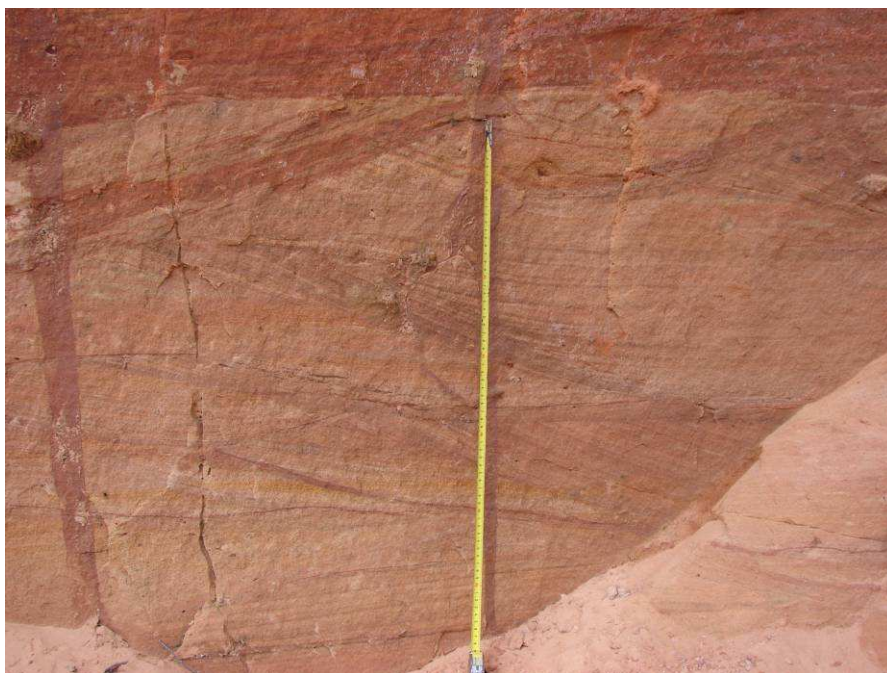
7.3. attēls. Māla saveltņi slīpslāņotajās sērijās (autore foto, 2011).

Atsegumā uz augšu griezumos BK-7 un BK-8, kas atrodas aptuveni vienā līmenī virs zemūdens grēdu nogulumu veidotā griezuma intervāla, vērojamas smalkgraudaina, labi šķirota smilšakmens līdz 50 cm biezas un laterāli garas sēkļu sērijas (astotā fācija). Arī šajās slīpslāņotajās sērijās ir izteiktas plūdmaiņu pazīmes - nepārtrauktas un visā slīpā slānīša garumā izsekojamas plānas māla un vizlas kārtiņas. Griezumā BK-7 otrajā slīpslāņotajā sērijā ir vērojamas plūdmaiņu kopas, kas norāda uz stiprāku un vājāku plūdmaiņu miju. Tālāk atsegumā uz augšu griezumos BK-5 un BK-7 ir izteikts trešās fācijas nogulumu veidotais intervāls. Tur izsekojams vidējgraudains līdz smalkgraudainam labi šķirots smilšakmens ar muldveida slīpslāņojumu (7.4. att). Tas norāda, ka kanāli ir migrējuši, mainījuši virzienu un virzījušies pāri iepriekšējai sēkļu zonai. To, acīmredzot, ir pavadījusi kopēja ūdens padziļināšanās.

Augstāk griezumā zemūdens grēdu smilšakmeņu intervālu nomaina trīs 30–50 cm biezas sērijas, ko veido laterālā virzienā mainīgi, vidējgraudaini līdz smalkgraudaini smilšakmeņi ar muldveida slīpslāņojumu, ar māla un vizlas kārtiņām un nelieliem māla saveltņiem sēriju pamatnēs. Šīs slīpslāņotās sērijas var uzskatīt par sēkļiem, jo laterāli sasniedz ap 20 un vairāk metru garumu. Tāda laterālā izplatība zemūdens grēdām nav raksturīga.

Atseguma vidusdaļā BK-7 griezumā ir izteikts trešās fācijas intervāls. Te novērojams vidējgraudains līdz smalkgraudains smilšakmens ar muldveida slīpslāņoto tekstūru, ar plūdmaiņu pazīmēm, sēriju pamatnē ir reti, neliela izmēra māla saveltņi.

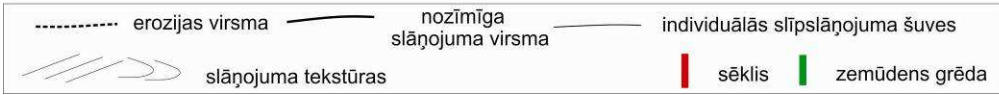
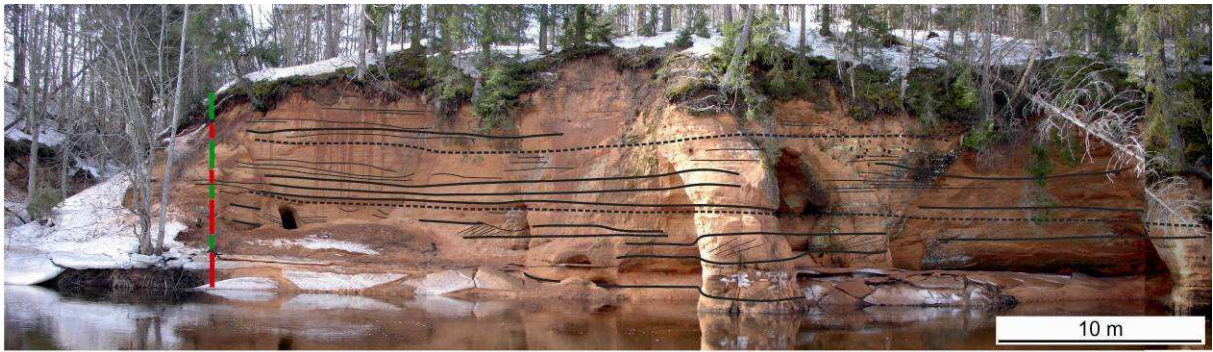
Starp zemūdens grēdu veidojumiem ir pāris neliela biezuma otrās fācijas sērijas, kas norāda uz sedimentācijas apstākļu īslaicīgām maiņām – samazinājies ūdens dziļums baseinā, kļuvuši mierīgāki sedimentācijas apstākļi.



7.4. attēls. Smilšakmens ar muldveida slīpslāņojumu Bezdēlīgu klinšu atsegumā (autores foto, 2001).

BK-7 griezuma augšdaļā ir septītajai fācija atbilstošs intervāls. Sedimentācijas apstākļi būtībā nav mainījušies, arī te smiltis ir pārvietotas zemūdens grēdās, taču tās deformējis plūstošās straumes radītais spiediens. Arī šīs fācijas nogulumu ir laterāli tālu izsekojami, kas nav raksturīgi zemūdens grēdām. BK-7 griezumā noslēdzas ar trešo fāciju – vidējgraudainu līdz ļoti smalkgraudainu smilšakmeni ar labu šķirotību.

Izvērtējot fāciju secību, var secināt, ka šajā atseguma daļā plūdmaiņu kanālu nogulumu mijas ar plašām sēkļu zonām (7.5. att.). Tas pierāda, ka deltu zonā straumes nav plūdušas pa pastāvīgu kanālu, bet tie mainījuši virzienus līdzīgi kā meandrējošas upes. Arī granulometriskās analīzes dati liecina, ka daļu griezuma veido kanālu nogulumu, jo smilšu graudu izmērs virzienā uz augšu samazinās.

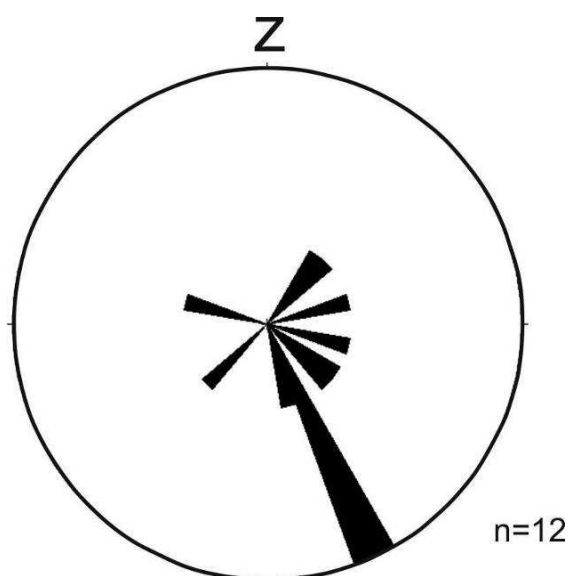


7.5. attēls. Bezdelīgu klinšu atseguma rietumu daļas fotomozaīka ar nozīmīgākajām noslāņojuma virsmām (attēlu izveidoja autore).

8. STRAUMJU VIRZIENI UN PALEOBASEINA DZIĻUMS

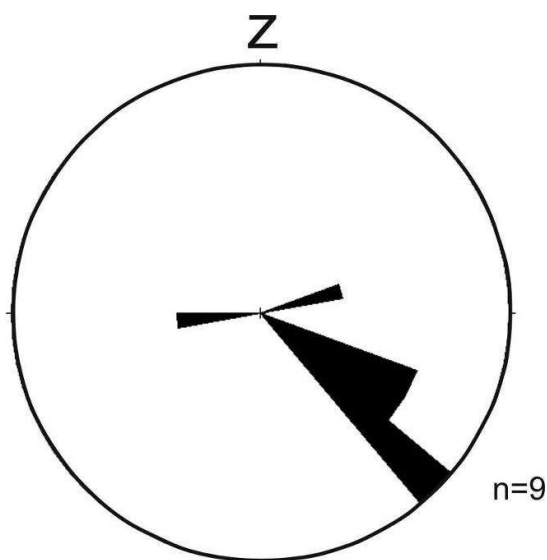
Katrā no Bezelīgu klinšu posmiem tika mērīts slīpslāņoto smilšakmeņu slīpo slānīšu, kā arī smilšakmeņu ar ripsnojuma slāņojumu slīpo slānīšu kritums, un katram atseguma posmam izveidotas atsevišķas rozes diagrammas. Apkopojot mērījumu rezultātus dokumentētajos griezumus un papildus mērījumu rezultātus, kas veikti vairākās Bezelīgu klinšu daļās, kuros nav sastādīti ģeoloģiskie griezumumi, izveidota arī viena kopēja rozes diagramma.

Apkopojot 12 mērījumu datus atseguma austrumu daļā, var secināt, ka straumes plūdušas ar lielu izkliedi (8.1.att.). Lielākā daļa datu gan liecina par straumju ripsnojuma veidošanos, un šīm lēnajām straumēm raksturīga samērā liela izkliede, kas vistīcāmāk liecina par plūdmaiņu ietekmi.



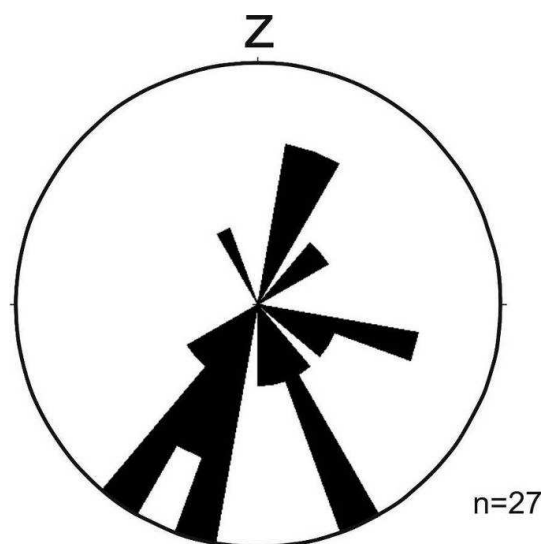
8.1. attēls. Slīpo slānīšu krituma azimutu rozes diagramma Burtņieku svītas smilšakmeņiem Bezelīgu klinšu atseguma austrumu daļā (autores sastādīts).

Atseguma vidusposmā, slīpslāņojuma mērījumi liecina par pārsvarā vienā – dienvidaustrumu virzienā plūstošām straumēm (8.2.att.). Jāatzīmē, ka griezumumu dokumentācijas gaitā šajā atseguma daļā ir novērotas plūdmaiņu pazīmes – māla un vizlas kārtiņas uz slīpajiem slānīšiem.



8.2. attēls. Slīpo slānīšu krituma azimutu rozes diagramma Burtnieku svītas smilšakmeņiem Bezdolīgu klinšu atseguma vidusposmā (autores sastādīts).

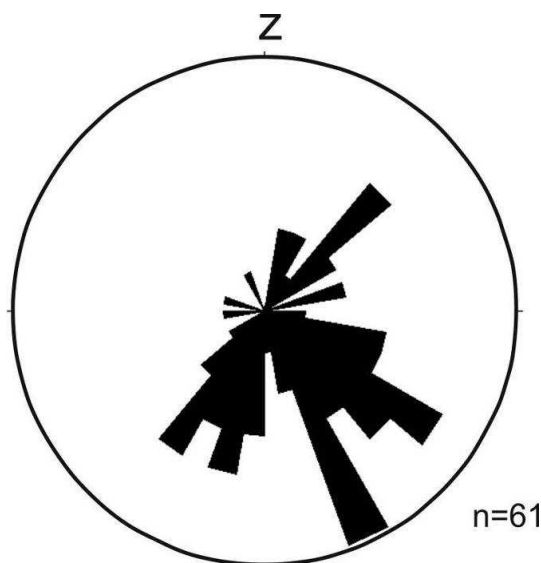
Bezdolīgu klinšu rietumu daļā – lielākajā atseguma posmā vērojama samērā liela straumju virzienu izkliede, taču izteiktāk iezīmējas 3 galvenie straumju plūšanas virzieni – ziemeļu-ziemeļrietumu, dievidu-dienvidrietumu, un dienvidaustrumu virziens (8.3.att.). Divi pretējie virzieni – ziemeļu-ziemeļaustrumu un dienvidu-dienvidrietumu, iespējams, liecina par paisuma un bēguma straumes mijiedarbību. Plūdmaiņu ietekmi apliecina griezum dokumentācijā plaši novērotās šo procesu pazīmes.



8.3. attēls. Slīpo slānīšu krituma azimutu rozes diagramma Burtnieku svītas smilšakmeņiem Bezdolīgu klinšu atseguma rietumu daļā (autores sastādīts).

Apkopojot bakalaura darbā veikto slīpslāņojuma mērījumu rezultātus Burtnieku svītas smilšakmeņos Bezdolīgu klintīs var secināt, ka attiecīgajā baseina daļā straumes pārsvarā plūdušas trijos virzienos: 1) ar samērā lielu izkliedi uz dienvidaustrumiem; 2) uz dienvidiem-dienvidrietumiem, 3) uz ziemeļaustrumiem (8.4. att.). Divi pretējie straumju virzieni

(ziemeļaustrumu un dienvidu-dienvidrietumu), iespējams, atbilst paisuma un bēguma straumju dominējošajiem virzieniem.



8.4. attēls. Apvienotā slīpo slāņņu krituma azimutu rozēs diagramma Burtnieku svītas smilšakmeņiem Bezelīgu klinšu atsegumā (autores izstrādāts)

V. Kuršs norāda, ka vidusdevona Živetas laikmeta Burtnieku laikposma baseinā paleostraumju virziens ir bijis submeridionāls, uz dienvidiem un dienvidrietumiem (Курш, 1975). Jāpiezīmē, ka viņa veiktie mērījumi Burtnieku svītas smilšakmeņos Mazsalacas apkārtnē (sk. 3.1. att.), norāda uz lielu plūsmu izkliedi, bet dominējošais virziens bijis uz dienvidiem un dienvidrietumiem.

Slīpslāņojuma mērījumu rezultāti Bezelīgu klintīs samērā labi sakrīt arī ar nesen veiktajiem mērījumiem Burtnieku svītas smilšakmeņos Ežurgu klintīs, kur ir konstatēti trīs dominējošie paleostraumju virzieni – ziemeļrietumu, dienvidrietumu un dienvidaustrumu (Krakopa, 2010). Šī bakalaura darba ietvaros ir veikts 61 slāņojuma elementu mērījums, kas jau sniedz samērā labu izpratni par straumju plūsmu virzienu.

Bakalaura darba ietvaros tiek pētīts kopumā neliels Burtnieku svītas smilšakmeņu atsegums, kas neļauj izdarīt plašus secinājumus. Taču konstatēts, ka straumes ar samērā lielu izkliedi plūdušas trijos virzienos, un šāda plaša straumju izkliede tik nelielā objektā, domājams, nav raksturīga estuāru videi, drīzāk deltu apstākļiem.

Lai izvērtētu Burtnieku svītas paleobaseina dziļumu pētījuma objektā, ģeoloģiskajos griezumos tika noteikti smilšakmeņu ar muldveida slīpslāņojumu (zemūdens grēdu veidojumu) slīpslāņoto sēriju biezumi, un aptuvenais baseina dziļums aprēķināts pēc Leklēra un Bridža izstrādātās formulas (Leclair & Bridge, 2001; sk. nodaļu „Materiāli un metodes”).

Lai gan Lēklērs un Bridžs šo metodi izstrādāja, lai noteiktu dziļumu vienvirziena plūsmām fluviālos apstākļos, kur migrē zemūdens grēdas, šādi pat tiek aprēķināts plūdmaiņu plūsmu iespējamais dziļums apstākļos, kad migrē zemūdens grēdas. Jo līdzīgi kā upju straumes, arī plūdmaiņu straumes plūst pa atsevišķiem meandrējošiem kanāliem un nogulumi saltācijas un velšanas ceļā pārvietojas zemūdens grēdās. Lai gan apstākļi nav identiski, bet aptuveno baseina dziļumu ir iespējams noteikt (Dalrymple, Choi, 2007).

Aptuvenā ūdens dziļuma noteikšanā, izmantotas tikai tādas slīpslāņotās sērijas, kurām raksturīga muldveida tekstūra, un sēriju biezums nepārsniedz 0,50 m un laterāli sērijas garums nepārsniedz 10 m. Tomēr kļūdas ir iespējamas, jo ne vienmēr zemūdens grēdu var atšķirt no sēkļiem.

Pētījumu objektā, pamatojoties uz aprēķiniem pēc Leclāra un Bridža metodikas (Leclair & Bridge, 2001), jāsecina, ka ūdens dziļums plūdmaiņu kanālos svārstījies no 0,92 m līdz 7,89 m (8.1.tab.).

8.1. tabula.

Ūdens dziļuma aprēķini, pamatojoties uz muldveida slīpslāņoto sēriju biezuma pārrēķinu pēc Leclāra un Bridža metodikas (Leclair & Bridge, 2001) Burtnieku svītas nogulumiem Bezelīgu klinšu atsegumā (mērījumu vietas norādītas 6.2., 6.3.att.).

Sērijas Nr. griezumos	Sērijas biezums griezumā, m	Ūdens dziļums		
		d ₁ m	d ₂ m	d _{vid} m
1.	0,28	4,87	8,12	6,49
2.	0,22	3,82	6,38	5,1
3.	0,34	5,91	9,86	7,89
4.	0,09	1,56	2,61	4,18
5.	0,22	3,82	6,38	5,1
6.	0,11	1,91	3,19	2,55
7.	0,22	3,62	6,38	5,10
8.	0,14	2,44	4,6	3,52
9.	0,29	5,05	8,41	6,73
10.	0,06	1,04	1,74	1,39
11.	0,24	4,18	6,96	5,57
12.	0,04	0,67	1,16	0,92
13.	0,17	2,96	4,93	3,95
14.	0,23	4	6,67	5,34
15.	0,16	2,78	4,64	7,42
16.	0,05	0,57	1,45	2,32
17.	0,25	4,35	7,25	5,8
18.	0,32	5,57	9,28	7,43
19.	0,26	4,52	7,54	6,03

Lielākā ūdens dziļumā veidojušās zemūdens smilšu grēdas ir biežākas, jo tās pasargātas no straumes erodējošās darbības un ievērojami labāk saglabājušās nekā seklākā ūdenī veidojušies nogulumi. Dažāda zemūdens grēdu augstums liecina par mainīgu ūdens dziļumu, tas kādu laiku bijis gandrīz 8 m, tad būtiski samazinājies – nedaudz vairāk par 1 m. Pētījuma objekta tagadējā teritorijā Burtnieku laikposmā nav bijusi vērojama pakāpeniska slīpslāņoto sēriju biezumu samazināšanās un kanālu aizpildīšanās ar nogulumiem, bet nogulumi ir veidojušies izteiktu ūdens līmeņu svārstību rezultātā.

9. BURTNIEKU SVĪTAS NOGULUMIEŽU VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI PĒTĪJUMA TERITORIJĀ

Devona periods zemes attīstības vēsturē zināms kā plašu epikontinentālu jūru uzvirzīšanās laiks, kurā ieplūda plašas upes un piegādāja drupu materiālu no ziemeļiem – Skandināvijas Kaledonīdiem un Baltijas vairoga. Drupu materiāla nogulsnešanās notika sākot ar agro devona laikposmu līdz vidusdevona beigu posmam.

Burtnieku svītas nogulumu līdzīgi kā citi vidusdevona klastiskās slāņkopas nogulumu uzkrājās seklās mainīga sāļuma zonās, jo Baltijas baseinā no ziemeļiem ieplūda plašas upes, un piegādāja daudz smilšainā materiāla. V. Kuršs min, ka Burtnieku svītas nogulumu ir veidojušies plašas deltas zonā, jo Burtnieku svītas griezuma augšējā daļā Igaunijā, Jozu māla karjerā ir plašas noslīdeņu depresijas, kas līdzīgi kā Gaujas laikposma seno deltu noslīdeņu depresijas, aizpildījās ar pelēkiem smalkdispersiem māliem (Курш, 1992).

Vidusdevona Arukilas svītas klastiskās slāņkopas veidošanās ir notikusi seklas jūras un deltu apstākļos (Tānavsuo-Milkeviciene, Plink-Björklund, 2009), un tai, tāpat kā Burtnieku svītai, raksturīga cikliska uzbūve, kur graudu izmērs virzienā uz augšu samazinās – svītas apakšdaļā iegul smilšakmeņi, bet augšdaļā mālaini aleirītiski ieži. Arukilas svītas deltas zonai raksturīga progradācija uz dienvidiem (Tānavsuo-Milkeviciene, Plink-Björklund, 2009).

Pēc P. Plinkas-Björklundes un kolēģu viedokļa, līdzīgos apstākļos ir veidojusies arī par Burtnieku svītu jaunākā – Gaujas svīta, tā veidojusies plašā deltu zonā, kur detalizētu pētījumu rezultātā izdalīts fluviālu straumju dominējošs deltas līdzenums, plūdmaiņu ietekmēta deltas līdzenuma zemākā daļa un deltas frontālā daļa. Gaujas svītas deltas nogulumiem raksturīga dienvidu virzienā vērsta progradācija. Nevienā no iepriekš minētajām svītām, seno upju atrašanās vieta nav zināma (Pónten, Plink-Björklund, 2007).

Burtnieku svītas nogulumiem šāda veida pētījumi nav veikti, kas norāda uz šī bakalaura darba aktualitāti.

Bakalaura darba gaitā tika iegūti lauka un laboratorijas pētījumu dati, kas ļauj raksturot vidusdevona Burtnieku laikposma sedimentācijas apstākļus Bezdelīgu klinšu apkārtnē. Izvērtējot fāciju vertikālo un laterālo izplatību, var secināt, ka nogulumu galvenokārt uzkrājušies migrējošās zemūdens grēdās, nelielā ūdens dziļumā, samērā ātrās straumēs, bet atseguma lejas un vidusdaļai raksturīgas biežākas un laterāli garākas slīpslāņotās sērijas, kas, iespējams, bijuši sēkļi. Uz slīpajiem smilšu slāņiem intensīvi ir izgulsnējies suspendētais – māla, aleirīta un vizlas materiāls, kas liecina par noteiktiem ūdens sāļuma apstākļiem pētītajā objektā. Literatūras dati liecina, ka visintensīvākā māla/aleirīta kārtiņu veidošanās notiek, kad ūdens sāļums ir no 1–10‰, kur ūdenī izšķīdušo jonu elektriskās pievilkšanās rezultātā

sīkdispersais materiāls veido irdenus pārsļveida agregātus (notiek flokulācija), un šie agregāti izgulsnējas uz smilšu slānīšiem (Dalrymple, Choi, 2007). Šādi iesāļūdeņi ir raksturīgi jūras un upes pārejas zonām. Iepriekš jau minēts, ka Baltijas baseinā ūdens sāļuma režīms bija specifisks un mainījās zonāli, vietām tas bija sasniedza normālu sāļumu, bet vietām tas bija stipri pazemināts. Tuvējās Nelķu klintīs atrastas fosforītu konkrēcijas, kas liecina par normāla sāļuma ūdens zonu, bet bakalaura darbā pētītajā atsegumā fosforīta konkrēcijas netika atrastas. Tomēr nogulumu marīnā izcelsme ir konstatēta pēc izteiktām plūdmaiņu pazīmēm.

Liela daļa slīpslāņoto smilšakmens sēriju nogulumu ir veidojušies plūdmaiņu straumēs, kur izsekojams plūdmaiņu cikliskums (plūdmaiņu kopas) - mālaino un smilšaino slānīšu cikliska mija, kas iezīmē spēcīgākās (*spring-tides*) un vājākās (*neap-tides*) plūdmaiņas (9.1. attēls). Ideālā gadījumā māla kārtiņu daudzums šādā plūdmaiņu kopā ir 7 vai 14 (Nichols, 2007, Tucker, 2005), kas vietām apstiprinājās arī pētījumu objektā.



9.1. attēls. Plūdmaiņu kopas Bezdēlīgu klinšu atsegumā, iezīmētas ar sarkanām elipsēm (autores foto, 2011)

Slīpslāņoto sēriju biezums atseguma lejas daļā ir nedaudz lielāks, virzienā uz augšu smilšakmens slīpslāņoto sēriju biezums samazinās, kā arī nedaudz samazinās marīnā ietekme, kas varētu būt deltas zonai raksturīga iezīme. Šīs pazīmes gan ir samērā vāji izteiktas.

Granulometriskās analīzes dati liecina par ciklisku graudu izmēru samazināšanos virzienā uz augšu. Graudu izmēra samazināšanās virzienā uz augšu ir raksturīga kanālu sistēmām (Dalrymple, Choi, 2007). Arī labā šķirotība un asimetrijas līknes noliekums uz

smalkākās frakcijas pusi liek domāt, ka nogulumi ir veidojušies deltu kanālu apstākļos, kur drupu materiāls ir smalkgraudaināks un pārvietojas lielākā daudzumā nekā fluviālā vidē.

Slīpslāņojuma mērījumu dati liecina par diezgan ievērojamu paleostraumju virzienu izkliedi, kas apstiprina plūdmaiņu ietekmi nogulumu veidošanās laikā. Pēc V. Kurša veiktajiem mērījumiem, straumes galvenokārt plūdušas dienvidu, dienvidrietumu virzienā, šāds straumju plūšanas virziens konstatēts arī Bezdēlīgu klinšu atsegumā, savukārt šeit dominējošais straumju virziens ir dienvidaustrumu, kas sakrīt ar slīpslāņojuma mērījumiem Ežurgu atsegumā (Krakopa, 2010). Savukārt uz senās sauszemes pusi ir vērstas ziemeļaustrumu straumes, kas V. Kurša mērījumos netiek uzrādītas (Курш, 1975); šīs vistīcamāk bijušas paisuma straumes. Arī šāda plaša straumju virzienu izkliede raksturīga deltu apstākļiem.

Bakalaura darbā pētītais Bezdēlīgu klinšu atsegums ir neliels, lai izdarītu secinājumus par Burtņieku svītas veidošanās apstākļiem, taču var secināt, ka attiecīgajā atsegumā pārstāvētie nogulumi ir veidojušies plašā deltas zonā, plūdmaiņu kanāliem mijoties ar sēkļiem.

SECINĀJUMI

Pamatojoties uz bakalaura darbā veiktajiem pētījumiem - atseguma sienas dokumentāciju, granulometriskās analīzes rezultātiem, slīpslāņoto elementu mērījumu rezultātiem, kā arī fāciju un to secības raksturojumu vidusdevona Burtnieku svītā Bezzdelīgu klintīs, izdarīti šādi secinājumi:

- nogulumi veidojušies pārejas zonā starp sauszemi un jūru, deltas apstākļos ar izteiktām plūdmaiņu pazīmēm;
- Burtnieku svītas nogulumi tagadējā Bezzdelīgu klinšu teritorijā veidojušies plūdmaiņu ietekmētos deltas kanālos, pa kuru gultni migrējušas zemūdens grēdas, un sēkļos, kad kanāli mainījuši virzienu;
- tagadējā pētījumu objekta teritorijā paleotraumes pārsvarā plūdušas trijos virzienos – dienvidaustrumu, dienvidu–dienvidrietumu un ziemeļaustrumu virzienā. Plašā straumju izkļiede liecina gan par deltu apstākļiem, gan par plūdmaiņu procesu ietekmi. Autores veiktie pētījumi apstiprina V. Kurša iegūtos mērījumu rezultātus Mazsalacas apkārtnē (Курш, 1975), bet iezīmējas viens atšķirīgs - ziemeļaustrumu virziens, kas, iespējams, norāda uz paisuma straumēm;
- granulometriskās analīzes rezultāti liecina, ka nogulumu vidējais graudu izmērs ritmiski un vairākkārt samazinās virzienā uz augšu. Šāda graudu izmēru samazināšanās raksturīga deltu kanālu sistēmām;
- plūdmaiņu straumes būtiski ietekmējušas nogulumu veidošanos pētījuma objektā, uz smilšu slāņiem izgulsnējušās māla un vizlas kārtiņas, kā arī vērojamas plūdmaiņu kopas, kuras liecina par spēcīgu un vāju plūdmaiņu miju;
- pētījumu objektā vērojamas gultnes reljefa formu un baseina hidrodinamiskā režīma izmaiņas galvenokārt vertikālā virzienā. Tomēr nelielas izmaiņas vērojamas arī laterālā virzienā – atseguma austrumu daļā ir atzīmējams neliels iecirknis, kur sastopami nogulumi ar ripsnojuma slāņojumu, kas veidojušies lēnās straumēs, sekla ūdens apstākļos.

LITERATŪRAS SARAKSTS

Publicētā literatūra

- Brangulis, A. J., Kuršs, V., Misāns, J., Stinkulis, Ģ., 1998. Latvijas ģeoloģija. Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga.
- Kuršs, V., Stinkule, A., 1997. Latvijas derīgie izrakteņi. LU, Rīga.
- Dalrymple R.W., Choi K., 2007. Morphologic and facies trends through the fluvial – marine transition in tide – dominated depositional systems: A schematic framework for environmental and sequence – stratigraphic interpretation. *Earth Science Reviews*. 81. 136-174.
- Leclair, S. F. & Bridge, J. S., 2001. Quantitative interpretation of sedimentary structures formed by river dunes. *Journal of Sedimentary Research*. 72, 5, 713–716,
- McManus, J., 1988. Grain size determination and interpretation. In: Tucker, M. E. Techniques in Sedimentology. Blackwell Science, 63-85.
- Nichols, G., 2007. Sedimentology & Stratigraphy. Oxford. Blackwell Science.
- Ponten, A. & Plink-Björklund, P. 2007. Depositional environments in an extensive tide–influenced delta plain, Devonian Baltic Basin. *Sedimentology*. 54, 969-1006.
- Reading, H.G., 2005. Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Oxford. Blackwell Science.
- Tänavsuu-Milkeviciene, K. & Plink-Björklund, P. 2009. Recognizing tide-dominated versus tide-influenced deltas: Middle Devonian strata of Baltic Basin. *Journal of Sedimentary Research*. 79, 887-905.
- Tucker, M. E., 2005. Sedimentary Petrology. Blackwell Science.
- Stow, D.A.V., 2007. Sedimentary Rocks in the Field. London. Manson Publishing.
- Куршс, В. М., 1975. Литология и полезные ископаемые терригенного девона Главного поля. Зинатне, Рига.
- Куршс, В. М., 1992. Девонское терригенное осадконакопление на Главном девонском поле. Зинатне, Рига.

Nepublicētā literatūra

- Berga, L., 2010. Devona Burtnieku svītas smilšakmeņu sastāvs un uzbūve Bezdēlīgu klintīs: kursa darbs. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Rīga.
- Buls, T., 2007. Viļņu ripsnojums un tā tipi Rīgas līča austrumu piekrastē: bakalaura darbs. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Rīga.
- Krakopa, E., 2010. Devona Burtnieku svītas nogulumieži Rīgas līča krasta posmā Vitrupe – Tūja: fācijas un veidošanās apstākļi: maģistra darbs. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Rīga.
- Stinkulis, Ģ., 1998. Latvijas devona klastisko–karbonātiežu un kaļķakmeņu–dolomītu pārejas zonu sedimentoloģija un mineraloģija: promocijas darbs. LU Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Rīga, 228.lpp.

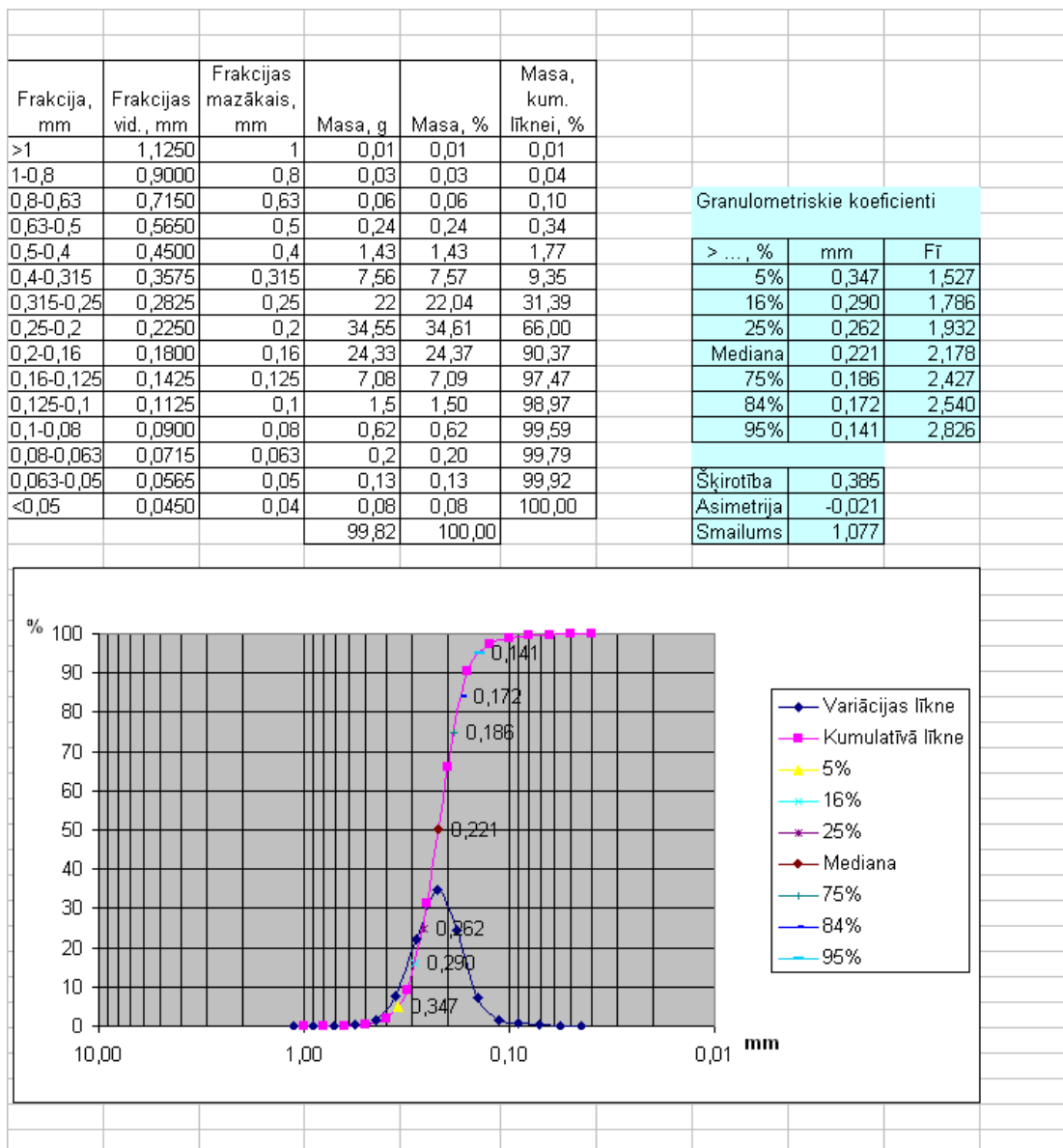
Elektroniskie resursi

„Latvijas Satelītkartes” LU ĢZZF WMS. Skatīts 20.05.2011. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

PIELIKUMS

Burtnieku svītas smilšakmeņu no Bezdēlīgu klintīm granulometriskais sastāvs, granulometriskās līknes un koeficienti

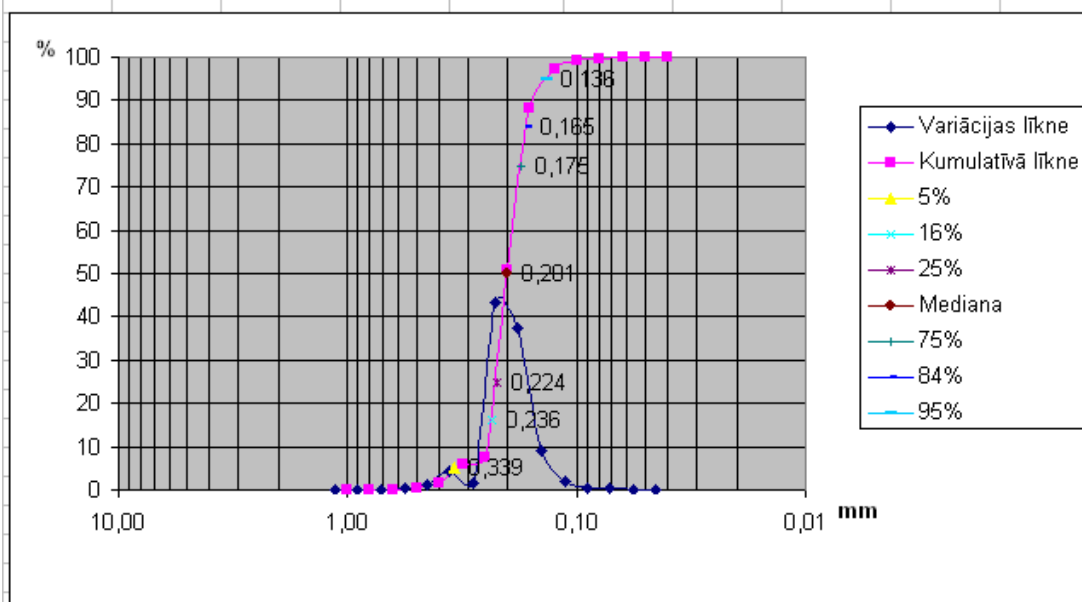
Paraugs Nr. 1



Paraugs Nr. 2

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. līknei, %
>1	1,1250	1	0,02	0,01	0,01
1-0,8	0,9000	0,8	0,04	0,02	0,03
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,16	0,09	0,12
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,51	0,28	0,40
0,5-0,4	0,4500	0,4	2,18	1,19	1,59
0,4-0,315	0,3575	0,315	7,83	4,28	5,88
0,315-0,25	0,2825	0,25	2,84	1,55	7,43
0,25-0,2	0,2250	0,2	79,14	43,30	50,73
0,2-0,16	0,1800	0,16	68,6	37,53	88,26
0,16-0,125	0,1425	0,125	16,65	9,11	97,37
0,125-0,1	0,1125	0,1	3,27	1,79	99,16
0,1-0,08	0,0900	0,08	0,84	0,46	99,62
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,37	0,20	99,82
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,14	0,08	99,90
<0,05	0,0450	0,04	0,18	0,10	100,00
			182,77	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _i
5%	0,321	1,638
16%	0,339	1,561
25%	0,236	2,083
Mediana	0,202	2,309
75%	0,175	2,515
84%	0,166	2,594
95%	0,136	2,878
Šķirotība	0,446	
Asimetrija	-0,265	
Smailums	1,179	

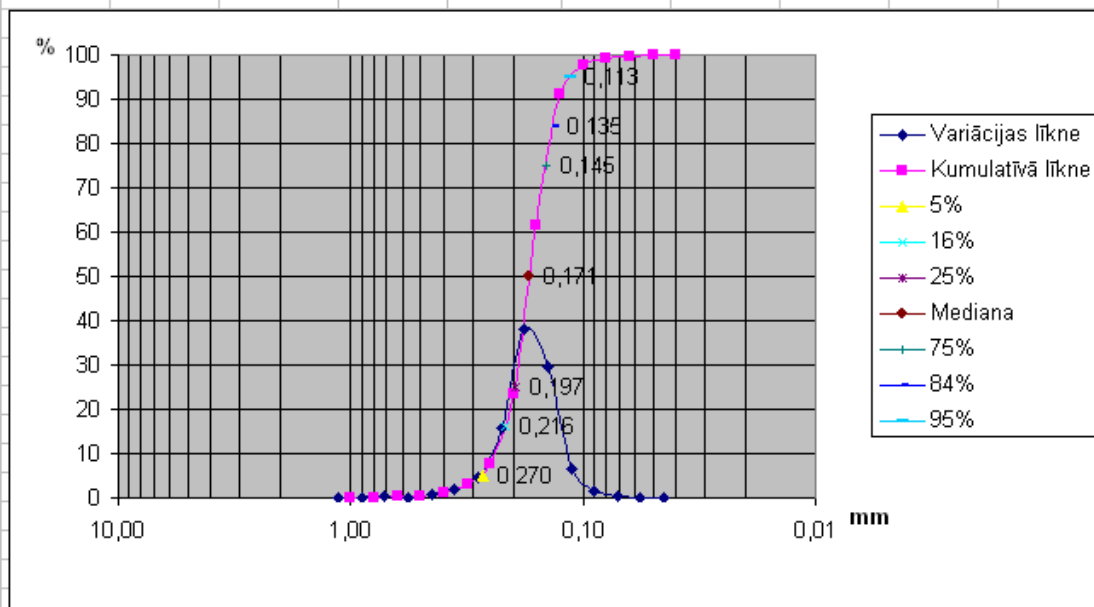


Paraugs Nr. 3

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,04	0,04	0,04
1-0,8	0,9000	0,8	0,03	0,03	0,07
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,25	0,25	0,32
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,11	0,11	0,43
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,59	0,59	1,02
0,4-0,315	0,3675	0,315	2,1	2,11	3,13
0,315-0,25	0,2825	0,25	4,48	4,50	7,63
0,25-0,2	0,2250	0,2	15,64	15,70	23,33
0,2-0,16	0,1800	0,16	38,06	38,20	61,53
0,16-0,125	0,1425	0,125	29,42	29,53	91,06
0,125-0,1	0,1125	0,1	6,58	6,60	97,66
0,1-0,08	0,0900	0,08	1,61	1,62	99,28
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,47	0,47	99,75
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,12	0,12	99,87
<0,05	0,0450	0,04	0,13	0,13	100,00
			99,63	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	Fi
5%	0,270	1,889
16%	0,216	2,212
25%	0,197	2,342
Mediana	0,171	2,548
75%	0,146	2,781
84%	0,135	2,890
95%	0,114	3,135

Šķirotība	0,358
Asimetrija	-0,024
Smailums	1,165

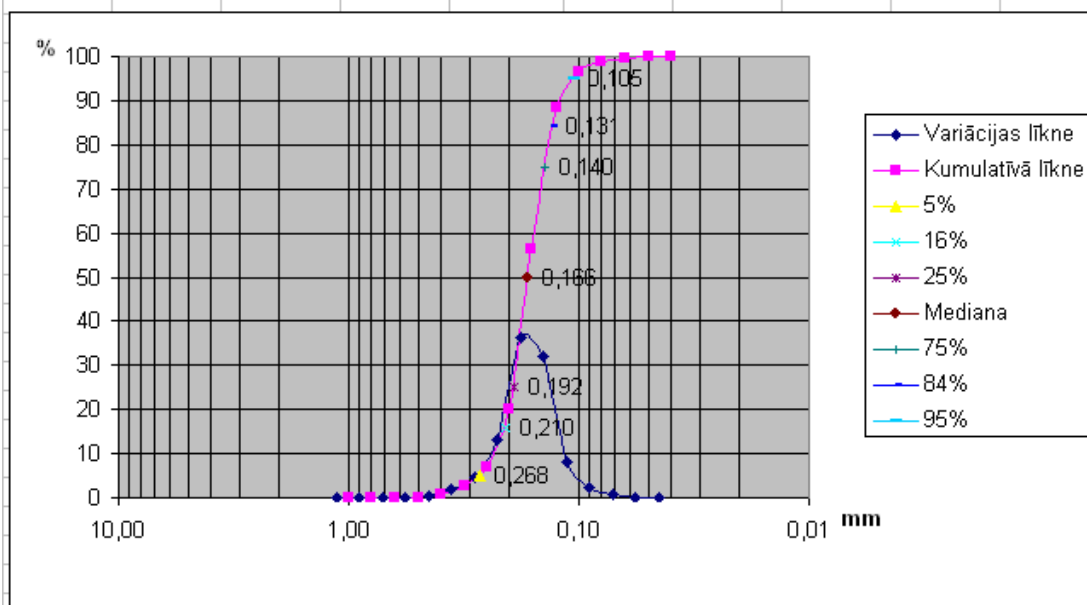


Paraugs Nr. 4

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %	
>1	1,1250	1	0,02	0,02	0,02	
1-0,8	0,9000	0,8	0,01	0,01	0,03	Granulometriskie koeficienti
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,05	0,05	0,08	
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,1	0,10	0,18	
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,54	0,54	0,72	
0,4-0,315	0,3675	0,315	1,81	1,81	2,54	
0,315-0,25	0,2825	0,25	4,51	4,52	7,06	
0,25-0,2	0,2250	0,2	12,99	13,02	20,08	
0,2-0,16	0,1800	0,16	36,24	36,32	56,40	
0,16-0,125	0,1425	0,125	31,94	32,01	88,41	
0,125-0,1	0,1125	0,1	7,98	8,00	96,41	
0,1-0,08	0,0900	0,08	2,43	2,44	98,85	
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,78	0,78	99,63	
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,19	0,19	99,82	
<0,05	0,0450	0,04	0,18	0,18	100,00	
			99,77	100,00		

> ..., %	mm	F _T
5%	0,268	1,900
16%	0,210	2,252
25%	0,192	2,379
Mediana	0,166	2,591
75%	0,140	2,837
84%	0,131	2,932
95%	0,105	3,252

Šķirotība	0,375
Asimetrija	-0,009
Smailums	1,210

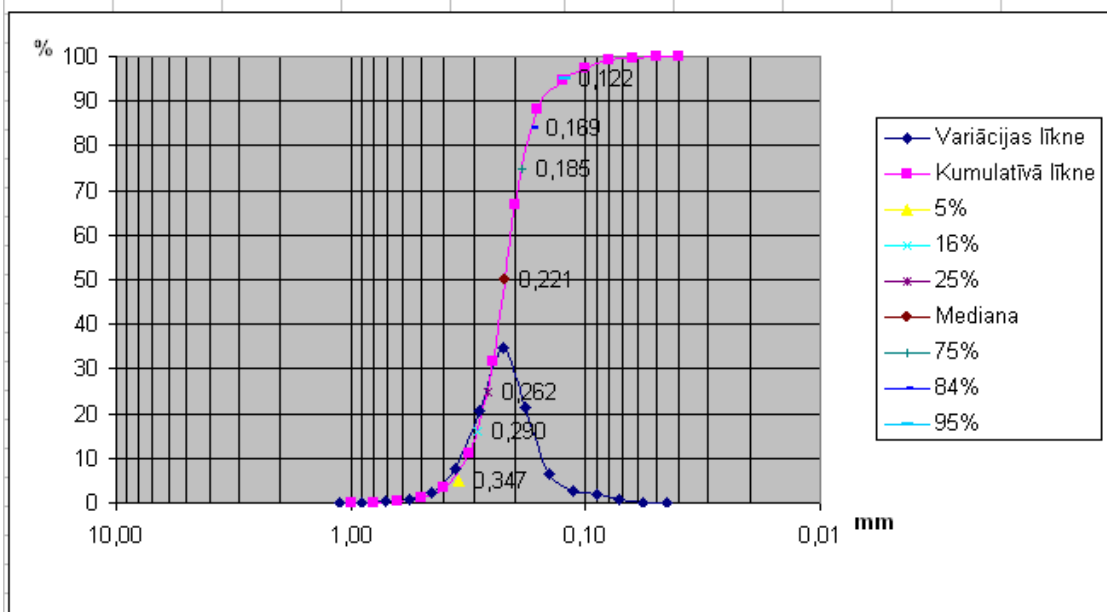


Paraugs Nr. 5

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,07	0,07	0,07
1-0,8	0,9000	0,8	0,1	0,10	0,17
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,29	0,29	0,46
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,64	0,64	1,10
0,5-0,4	0,4500	0,4	2,27	2,26	3,36
0,4-0,315	0,3675	0,315	7,77	7,74	11,09
0,315-0,25	0,2825	0,25	20,82	20,73	31,83
0,25-0,2	0,2250	0,2	35,04	34,90	66,73
0,2-0,16	0,1800	0,16	21,35	21,26	87,99
0,16-0,125	0,1425	0,125	6,56	6,53	94,52
0,125-0,1	0,1125	0,1	2,82	2,81	97,33
0,1-0,08	0,0900	0,08	1,74	1,73	99,06
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,6	0,60	99,66
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,15	0,15	99,81
<0,05	0,0450	0,04	0,19	0,19	100,00
			100,41	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _i
5%	0,347	1,527
16%	0,290	1,786
25%	0,262	1,932
Mediana	0,221	2,178
75%	0,185	2,434
84%	0,169	2,565
95%	0,122	3,036

Šķirotība	0,423
Asimetrija	0,066
Smailums	1,232

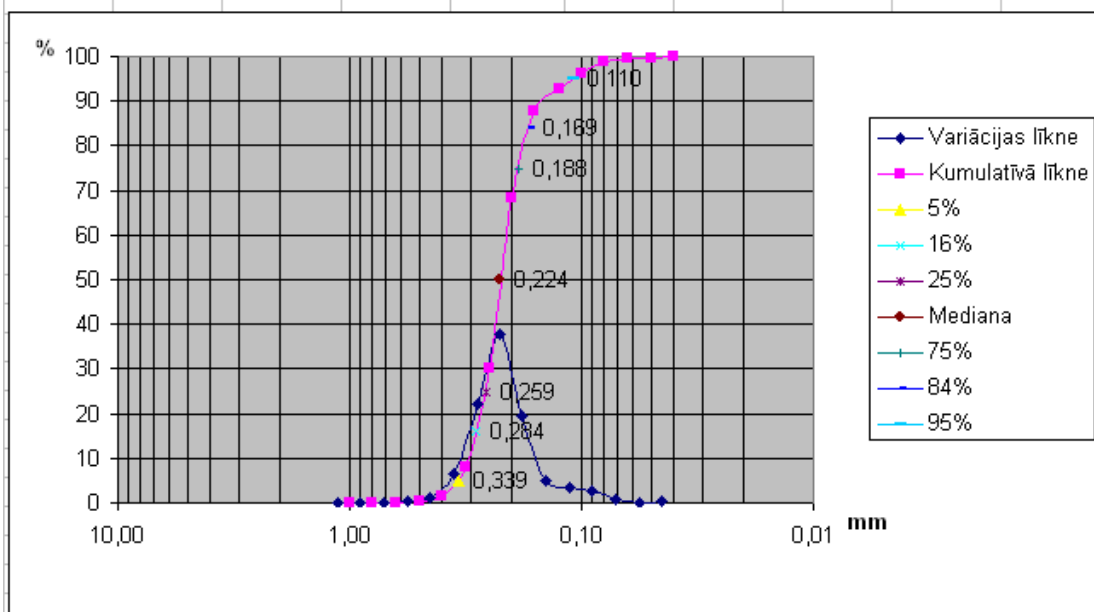


Paraugs Nr. 6

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0	0,00	0,00
1-0,8	0,9000	0,8	0,03	0,03	0,03
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,11	0,11	0,14
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,27	0,27	0,41
0,5-0,4	0,4500	0,4	1,19	1,19	1,61
0,4-0,315	0,3675	0,315	6,49	6,51	8,12
0,315-0,25	0,2825	0,25	22,06	22,14	30,25
0,25-0,2	0,2250	0,2	37,84	37,97	68,22
0,2-0,16	0,1800	0,16	19,4	19,47	87,69
0,16-0,125	0,1425	0,125	5,07	5,09	92,78
0,125-0,1	0,1125	0,1	3,44	3,45	96,23
0,1-0,08	0,0900	0,08	2,66	2,67	98,90
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,72	0,72	99,62
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,18	0,18	99,80
<0,05	0,0450	0,04	0,20	0,20	100,00
			99,66	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	Fi
5%	0,339	1,561
16%	0,284	1,816
25%	0,259	1,949
Mediana	0,224	2,158
75%	0,188	2,411
84%	0,169	2,565
95%	0,110	3,184

Šķirotība	0,433
Asimetrija	0,175
Smailums	1,440

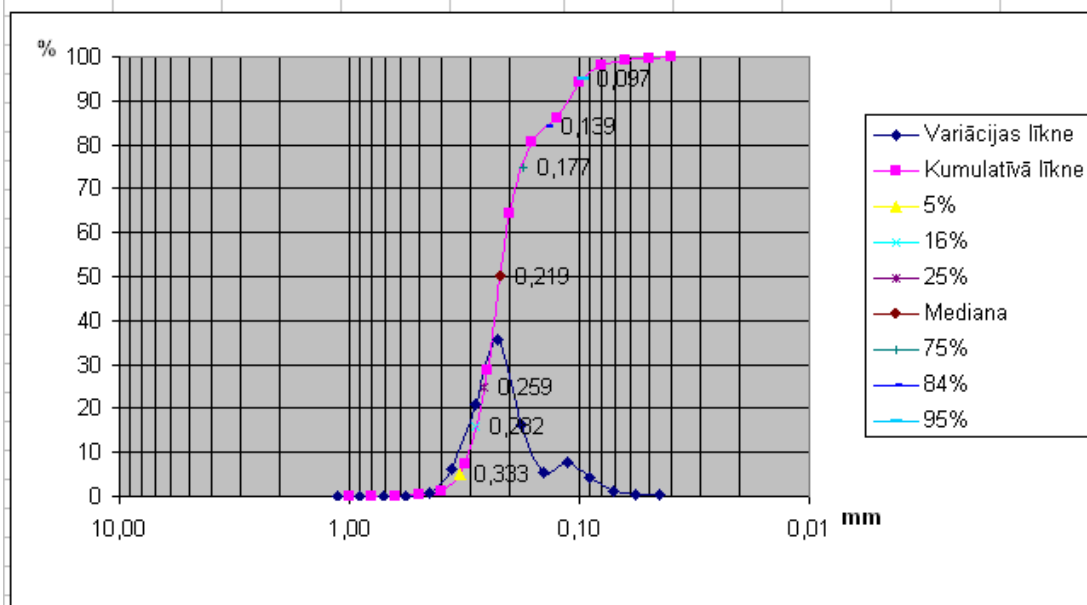


Paraugs Nr. 7

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0	0,00	0,00
1-0,8	0,9000	0,8	0,01	0,01	0,01
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,06	0,06	0,07
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,16	0,16	0,23
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,95	0,95	1,18
0,4-0,315	0,3575	0,315	6,33	6,35	7,53
0,315-0,25	0,2825	0,25	21,03	21,10	28,63
0,25-0,2	0,2250	0,2	35,58	35,70	64,33
0,2-0,16	0,1800	0,16	16,28	16,33	80,67
0,16-0,125	0,1425	0,125	5,49	5,51	86,17
0,125-0,1	0,1125	0,1	7,91	7,94	94,11
0,1-0,08	0,0900	0,08	4,06	4,07	98,18
0,08-0,063	0,0715	0,063	1,13	1,13	99,32
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,31	0,31	99,63
<0,05	0,0450	0,04	0,37	0,37	100,00
			99,67	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ... , %	mm	Fi
5%	0,333	1,586
16%	0,282	1,826
25%	0,259	1,949
Mediana	0,219	2,191
75%	0,177	2,498
84%	0,139	2,847
95%	0,097	3,366

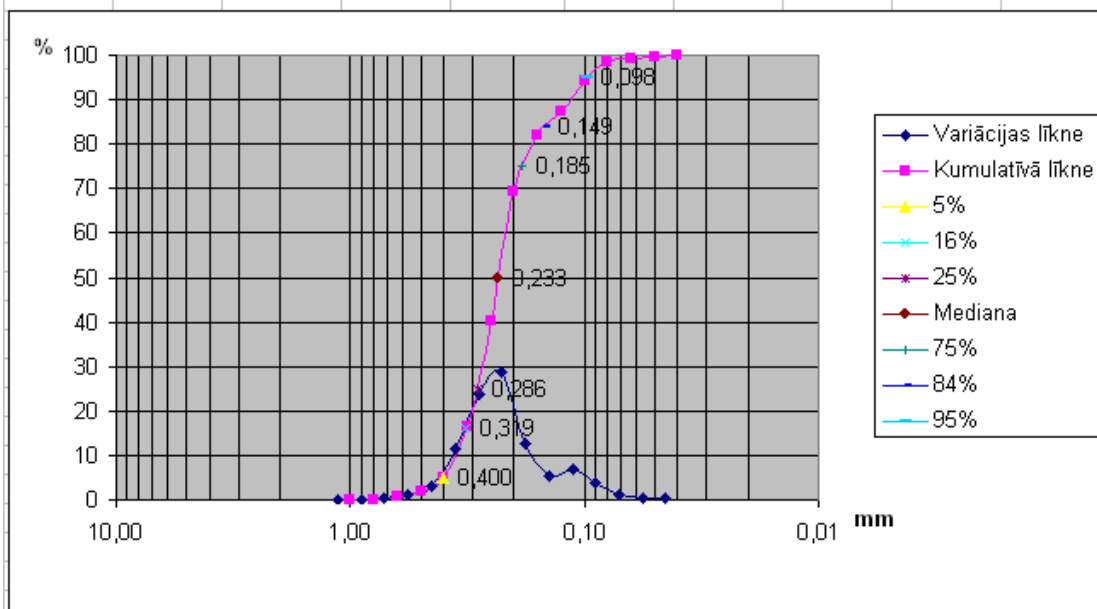
Šķirotība	0,525
Asimetrija	0,303
Smailums	1,328



Paraugs Nr. 8

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,04	0,05	0,05
1-0,8	0,9000	0,8	0,07	0,09	0,15
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,39	0,52	0,67
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,83	1,11	1,78
0,5-0,4	0,4500	0,4	2,39	3,21	4,99
0,4-0,315	0,3675	0,315	8,61	11,55	16,55
0,315-0,25	0,2825	0,25	17,72	23,78	40,32
0,25-0,2	0,2250	0,2	21,53	28,89	69,22
0,2-0,16	0,1800	0,16	9,55	12,82	82,03
0,16-0,125	0,1425	0,125	4,01	5,38	87,41
0,125-0,1	0,1125	0,1	5,23	7,02	94,43
0,1-0,08	0,0900	0,08	2,87	3,85	98,28
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,85	1,14	99,42
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,21	0,28	99,70
<0,05	0,0450	0,04	0,22	0,30	100,00
			74,52	100,00	

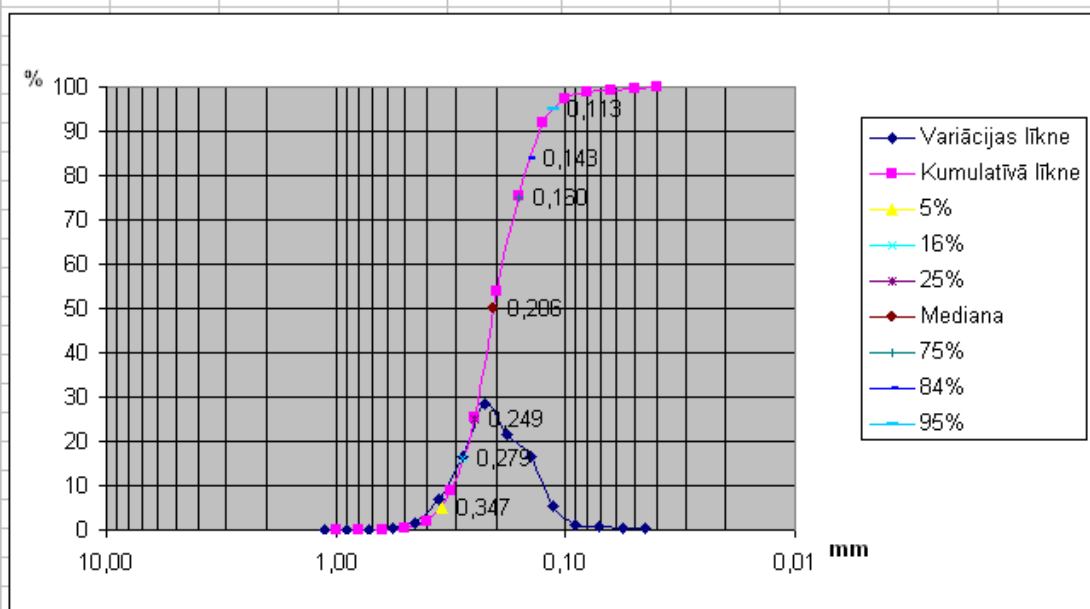
Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	Fi
5%	0,400	1,322
16%	0,319	1,648
25%	0,286	1,806
Mediana	0,233	2,102
75%	0,185	2,434
84%	0,149	2,747
95%	0,098	3,351
Šķirotība	0,582	
Asimetrija	0,203	
Smailums	1,323	



Paraugs Nr. 9

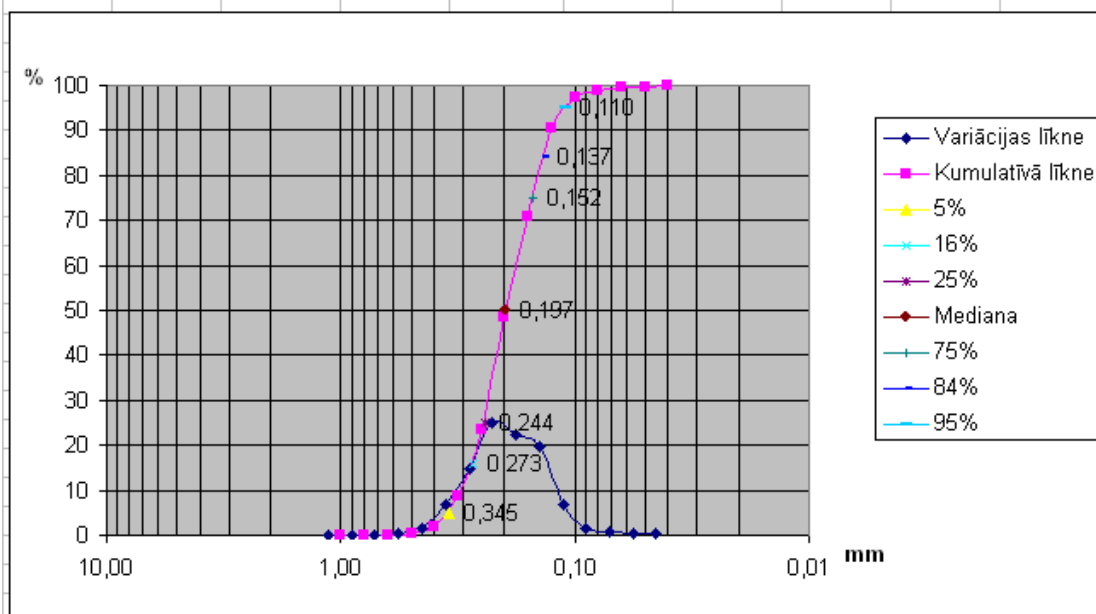
Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,01	0,01	0,01
1-0,8	0,9000	0,8	0,03	0,03	0,04
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,14	0,14	0,18
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,34	0,34	0,52
0,5-0,4	0,4500	0,4	1,49	1,49	2,02
0,4-0,315	0,3675	0,315	6,9	6,92	8,93
0,315-0,25	0,2825	0,25	16,31	16,35	25,28
0,25-0,2	0,2250	0,2	28,34	28,41	53,69
0,2-0,16	0,1800	0,16	21,56	21,61	75,31
0,16-0,125	0,1425	0,125	16,52	16,56	91,87
0,125-0,1	0,1125	0,1	5,52	5,53	97,40
0,1-0,08	0,0900	0,08	1,33	1,33	98,74
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,68	0,68	99,42
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,25	0,25	99,67
<0,05	0,0450	0,04	0,33	0,33	100,00
			99,75	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	Fi
5%	0,347	1,527
16%	0,279	1,842
25%	0,249	2,006
Mediana	0,206	2,279
75%	0,160	2,644
84%	0,143	2,806
95%	0,113	3,146
Šķirotība		
	0,486	
Asimetrija		
	0,081	
Smailums		
	1,040	



Paraugs Nr. 10

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %	
>1	1,1250	1	0,02	0,02	0,02	
1-0,8	0,9000	0,8	0,02	0,02	0,04	Granulometriskie koeficienti
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,07	0,07	0,11	
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,23	0,23	0,34	
0,5-0,4	0,4500	0,4	1,4	1,42	1,76	
0,4-0,315	0,3675	0,315	6,82	6,90	8,66	
0,315-0,25	0,2825	0,25	14,54	14,71	23,37	
0,25-0,2	0,2250	0,2	24,83	25,12	48,49	
0,2-0,16	0,1800	0,16	21,97	22,23	70,72	
0,16-0,125	0,1425	0,125	19,41	19,64	90,36	
0,125-0,1	0,1125	0,1	6,9	6,98	97,34	
0,1-0,08	0,0900	0,08	1,42	1,44	98,78	
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,66	0,67	99,44	Šķirotība
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,20	0,20	99,65	Asimetrija
<0,05	0,0450	0,04	0,35	0,35	100,00	Smailums
			98,84	100,00		

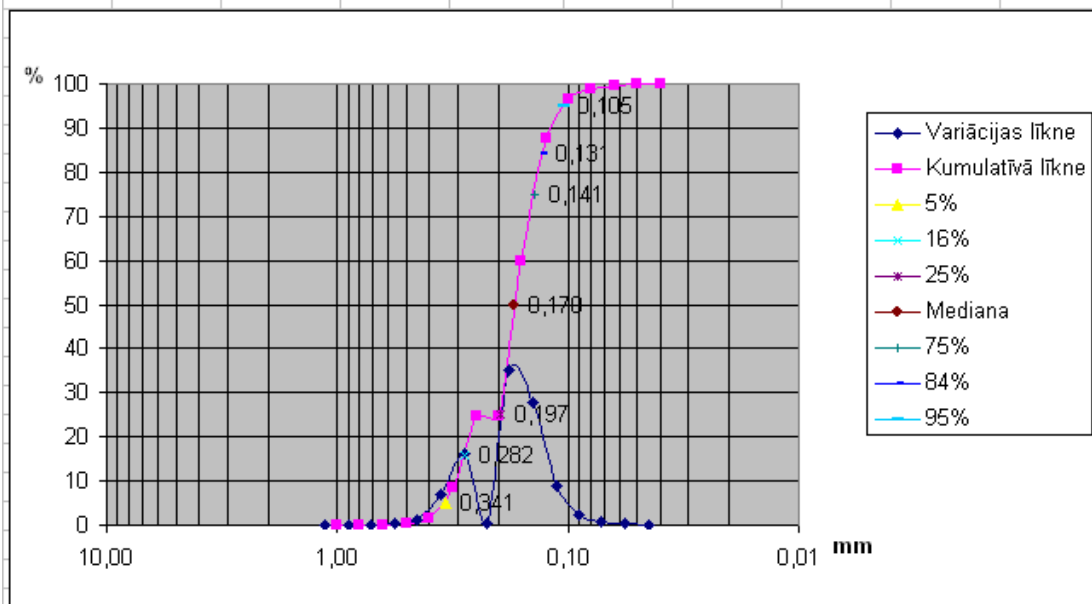


Paraugs Nr. 11

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,02	0,02	0,02
1-0,8	0,9000	0,8	0,01	0,01	0,03
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,04	0,04	0,07
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,22	0,22	0,29
0,5-0,4	0,4500	0,4	1,34	1,34	1,63
0,4-0,315	0,3675	0,315	6,78	6,79	8,42
0,315-0,25	0,2825	0,25	16,15	16,16	24,58
0,25-0,2	0,2250	0,2	0,21	0,21	24,79
0,2-0,16	0,1800	0,16	34,96	34,99	59,78
0,16-0,125	0,1425	0,125	27,66	27,68	87,47
0,125-0,1	0,1125	0,1	9,06	9,07	96,54
0,1-0,08	0,0900	0,08	2,4	2,40	98,94
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,64	0,64	99,58
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,30	0,30	99,88
<0,05	0,0450	0,04	0,12	0,12	100,00
			99,91	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _i
5%	0,341	1,552
16%	0,282	1,826
25%	0,197	2,344
Mediana	0,170	2,556
75%	0,141	2,826
84%	0,131	2,932
95%	0,105	3,252

Šķirotība	0,534
Asimetrija	-0,251
Smailums	1,443

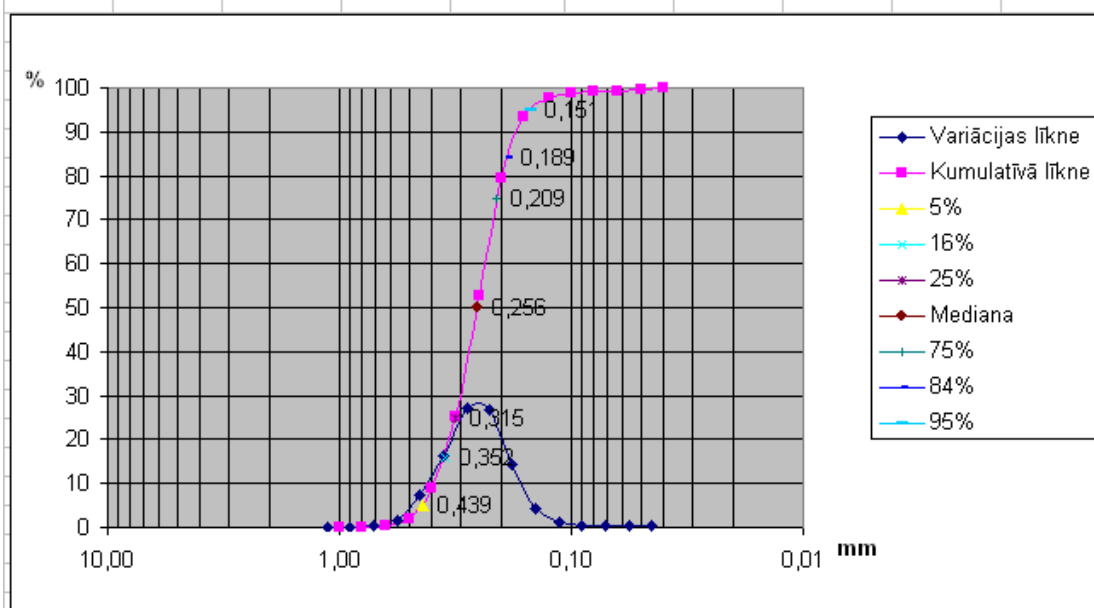


Paraugs Nr. 12

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. līknei, %
>1	1,1250	1	0,01	0,01	0,01
1-0,8	0,9000	0,8	0,01	0,01	0,02
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,28	0,28	0,30
0,63-0,5	0,5650	0,5	1,48	1,48	1,78
0,5-0,4	0,4500	0,4	7,26	7,26	9,04
0,4-0,315	0,3575	0,315	16,26	16,26	25,30
0,315-0,25	0,2825	0,25	27,26	27,26	52,55
0,25-0,2	0,2250	0,2	26,85	26,85	79,40
0,2-0,16	0,1800	0,16	14,2	14,20	93,60
0,16-0,125	0,1425	0,125	4,08	4,08	97,68
0,125-0,1	0,1125	0,1	1,03	1,03	98,71
0,1-0,08	0,0900	0,08	0,49	0,49	99,20
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,21	0,21	99,41
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,24	0,24	99,65
<0,05	0,0450	0,04	0,35	0,35	100,00
			100,01	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _T
5%	0,439	1,188
16%	0,352	1,506
25%	0,315	1,667
Mediana	0,256	1,966
75%	0,209	2,258
84%	0,189	2,404
95%	0,151	2,727

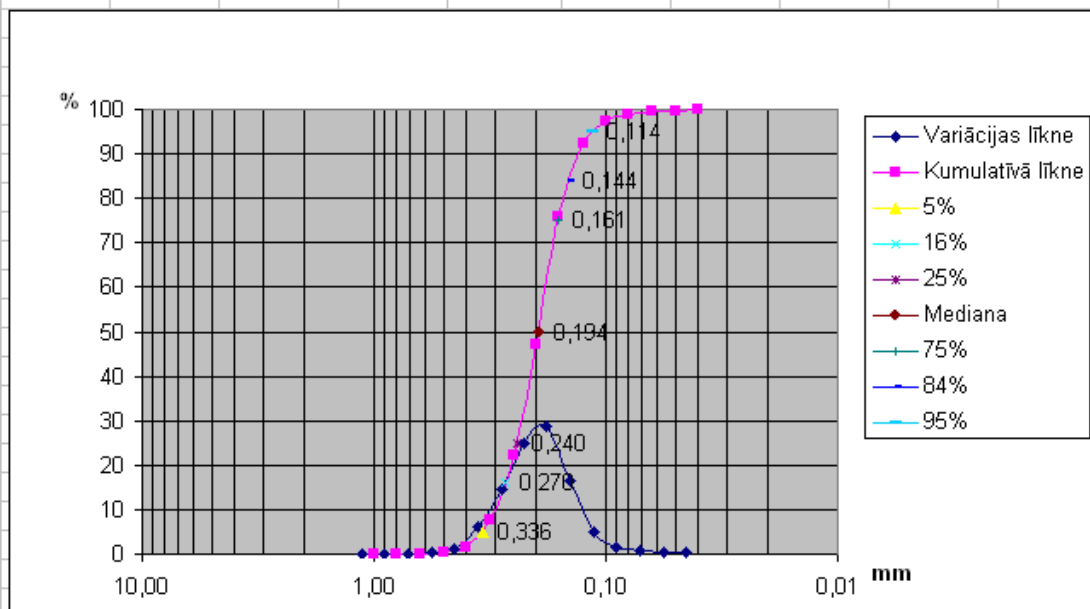
Šķirotība	0,458
Asimetrija	-0,017
Smailums	1,066



Paraugs Nr. 13

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,02	0,02	0,02
1-0,8	0,9000	0,8	0,02	0,02	0,04
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,05	0,05	0,09
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,26	0,26	0,35
0,5-0,4	0,4500	0,4	1,19	1,19	1,54
0,4-0,315	0,3675	0,315	5,98	5,99	7,54
0,315-0,25	0,2825	0,25	14,59	14,63	22,16
0,25-0,2	0,2250	0,2	24,78	24,84	47,00
0,2-0,16	0,1800	0,16	28,68	28,75	75,75
0,16-0,125	0,1425	0,125	16,4	16,44	92,19
0,125-0,1	0,1125	0,1	5,1	5,11	97,30
0,1-0,08	0,0900	0,08	1,54	1,54	98,85
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,61	0,61	99,46
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,23	0,23	99,69
<0,05	0,0450	0,04	0,31	0,31	100,00
			99,76	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	Fi
5%	0,336	1,573
16%	0,270	1,889
25%	0,240	2,059
Mediana	0,194	2,366
75%	0,161	2,635
84%	0,144	2,796
95%	0,114	3,133
Šķirotība	0,463	
Asimetrija	-0,034	
Smailums	1,110	

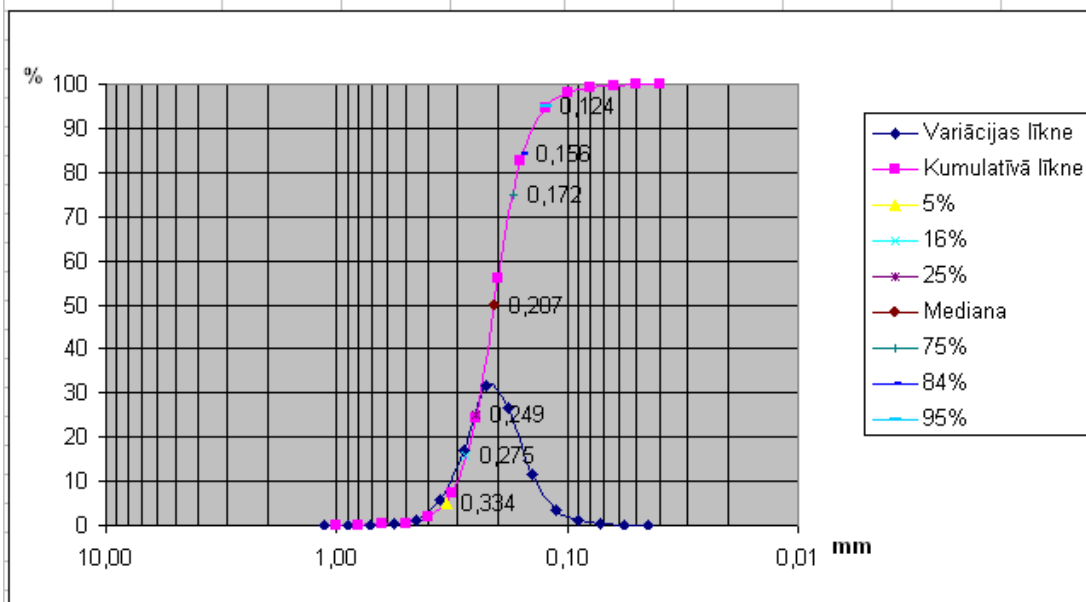


Paraugs Nr. 14

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,02	0,02	0,02
1-0,8	0,9000	0,8	0,05	0,05	0,07
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,13	0,13	0,20
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,34	0,34	0,54
0,5-0,4	0,4500	0,4	1,24	1,24	1,78
0,4-0,315	0,3675	0,315	5,72	5,73	7,52
0,315-0,25	0,2825	0,25	16,82	16,86	24,38
0,25-0,2	0,2250	0,2	31,65	31,73	56,10
0,2-0,16	0,1800	0,16	26,62	26,68	82,79
0,16-0,125	0,1425	0,125	11,73	11,76	94,55
0,125-0,1	0,1125	0,1	3,54	3,55	98,10
0,1-0,08	0,0900	0,08	1,09	1,09	99,19
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,5	0,50	99,69
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,17	0,17	99,86
<0,05	0,0450	0,04	0,14	0,14	100,00
			99,76	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _T
5%	0,334	1,582
16%	0,275	1,862
25%	0,249	2,006
Mediana	0,207	2,272
75%	0,172	2,540
84%	0,156	2,680
95%	0,124	3,012

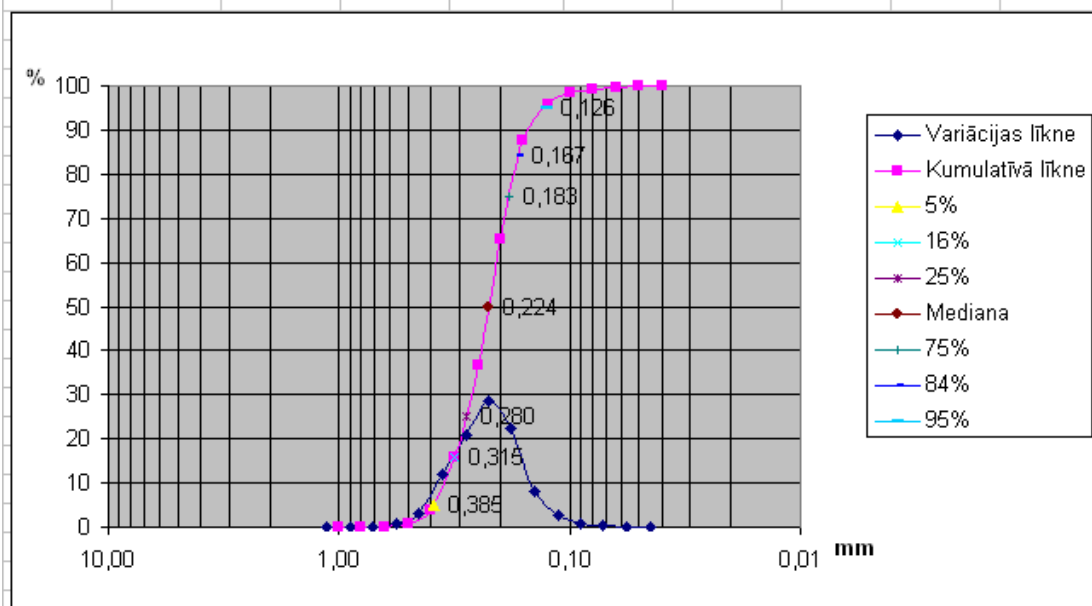
Šķirotība	0,421
Asimetrija	0,016
Smailums	1,098



Paraugs Nr.15

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,01	0,01	0,01
1-0,8	0,9000	0,8	0,02	0,02	0,03
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,14	0,14	0,17
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,58	0,58	0,75
0,5-0,4	0,4500	0,4	3,11	3,13	3,88
0,4-0,315	0,3675	0,315	12,02	12,09	15,98
0,315-0,25	0,2825	0,25	20,64	20,76	36,74
0,25-0,2	0,2250	0,2	28,29	28,46	65,20
0,2-0,16	0,1800	0,16	22,25	22,38	87,59
0,16-0,125	0,1425	0,125	8,03	8,08	95,66
0,125-0,1	0,1125	0,1	2,78	2,80	98,46
0,1-0,08	0,0900	0,08	0,94	0,95	99,41
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,35	0,35	99,76
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,11	0,11	99,87
<0,05	0,0450	0,04	0,13	0,13	100,00
			99,4	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _i
5%	0,385	1,377
16%	0,315	1,667
25%	0,280	1,837
Mediana	0,224	2,158
75%	0,183	2,450
84%	0,167	2,582
95%	0,126	2,989
Šķirotība	0,473	
Asimetrija	-0,022	
Smailums	1,076	

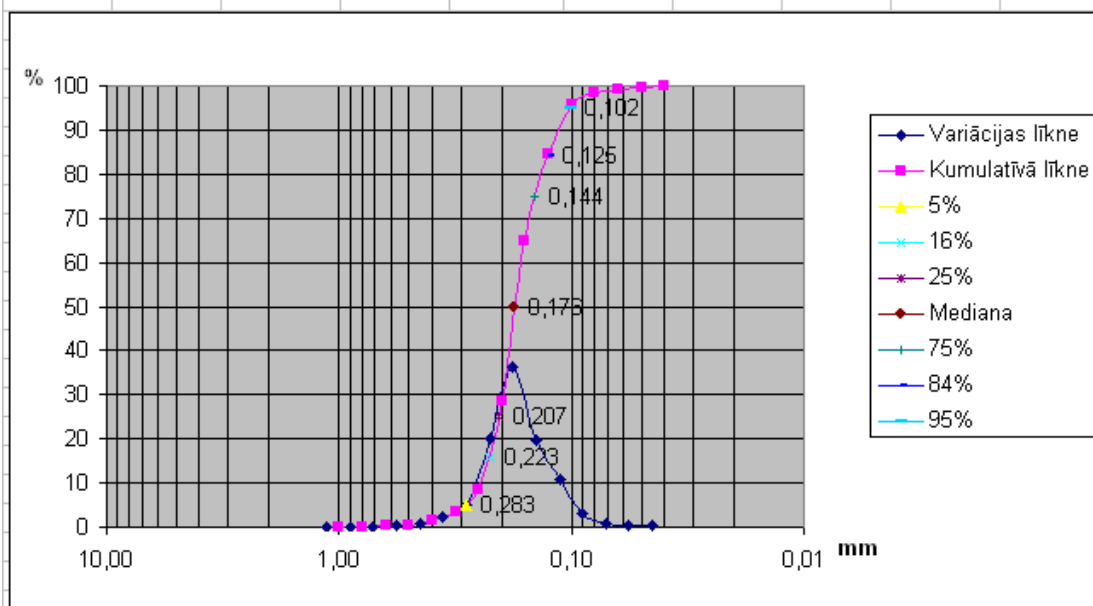


Paraugs Nr. 16

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %	
>1	1,1250	1	0,02	0,02	0,02	
1-0,8	0,9000	0,8	0,05	0,05	0,07	Granulometriskie koeficienti
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,15	0,15	0,22	
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,28	0,28	0,50	
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,85	0,85	1,35	
0,4-0,315	0,3675	0,315	2,28	2,29	3,64	
0,315-0,25	0,2825	0,25	4,99	5,00	8,64	
0,25-0,2	0,2250	0,2	19,9	19,95	28,60	
0,2-0,16	0,1800	0,16	36,13	36,23	64,83	
0,16-0,125	0,1425	0,125	19,82	19,87	84,70	
0,125-0,1	0,1125	0,1	10,88	10,91	95,61	
0,1-0,08	0,0900	0,08	2,92	2,93	98,54	
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,82	0,82	99,36	
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,26	0,26	99,62	
<0,05	0,0450	0,04	0,38	0,38	100,00	
			99,73	100,00		

> ..., %	mm	F _T
5%	0,283	1,821
16%	0,223	2,165
25%	0,207	2,272
Mediana	0,176	2,506
75%	0,144	2,796
84%	0,125	3,000
95%	0,102	3,293

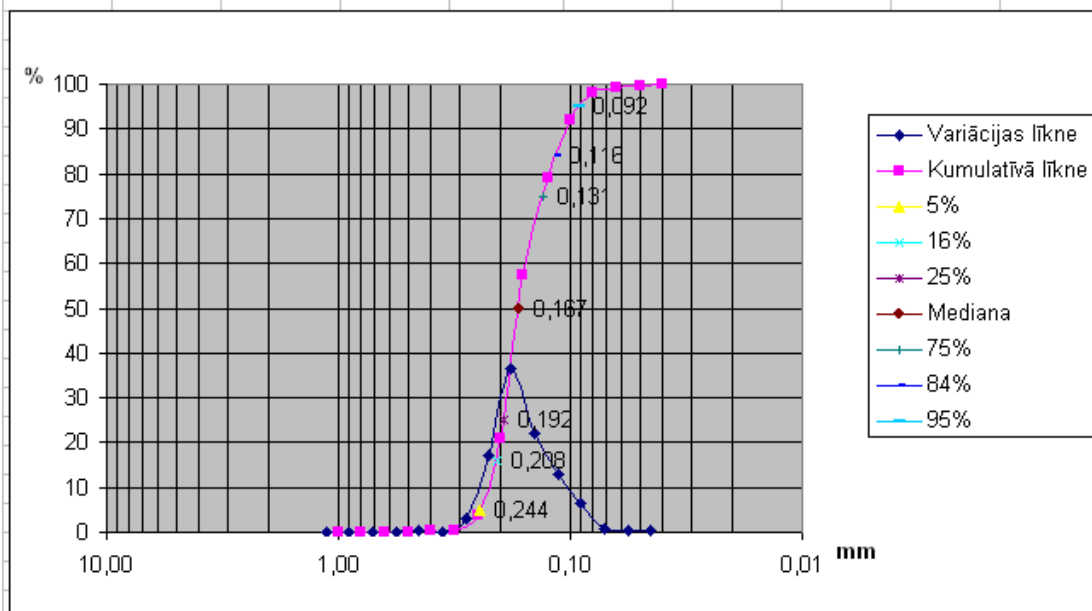
Šķirotība	0,432
Asimetrija	0,126
Smailums	1,152



Paraugs Nr. 17

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0	0,00	0,00
1-0,8	0,9000	0,8	0,01	0,01	0,01
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,03	0,03	0,04
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,08	0,08	0,12
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,27	0,27	0,39
0,4-0,315	0,3675	0,315	0,09	0,09	0,49
0,315-0,25	0,2825	0,25	3,11	3,15	3,63
0,25-0,2	0,2250	0,2	17,02	17,22	20,86
0,2-0,16	0,1800	0,16	35,97	36,40	57,26
0,16-0,125	0,1425	0,125	21,66	21,92	79,17
0,125-0,1	0,1125	0,1	12,59	12,74	91,91
0,1-0,08	0,0900	0,08	6,27	6,34	98,26
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,9	0,91	99,17
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,30	0,30	99,47
<0,05	0,0450	0,04	0,52	0,53	100,00
			98,82	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _i
5%	0,244	2,035
16%	0,208	2,265
25%	0,192	2,381
Mediana	0,167	2,582
75%	0,131	2,932
84%	0,116	3,108
95%	0,092	3,442
Šķirotība	0,424	
Asimetrija	0,235	
Smailums	1,046	

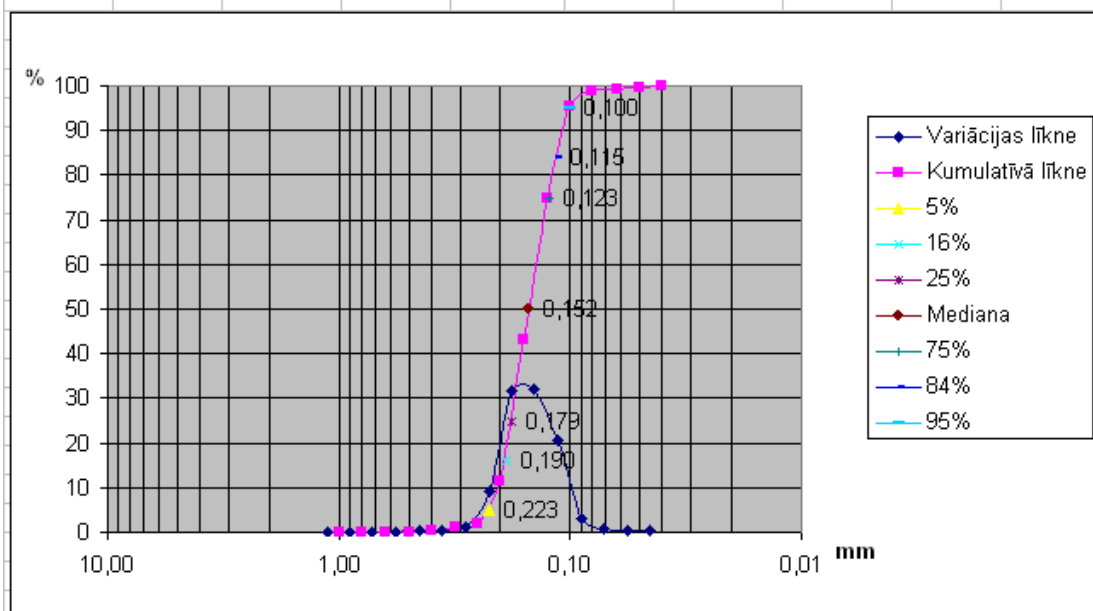


Paraugs Nr.18

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,02	0,02	0,02
1-0,8	0,9000	0,8	0,03	0,03	0,05
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,05	0,05	0,10
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,09	0,09	0,19
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,24	0,24	0,43
0,4-0,315	0,3675	0,315	0,55	0,55	0,98
0,315-0,25	0,2825	0,25	1,03	1,03	2,01
0,25-0,2	0,2250	0,2	9,25	9,26	11,27
0,2-0,16	0,1800	0,16	31,73	31,77	43,04
0,16-0,125	0,1425	0,125	31,88	31,92	74,96
0,125-0,1	0,1125	0,1	20,51	20,53	95,49
0,1-0,08	0,0900	0,08	3,2	3,20	98,70
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,66	0,66	99,36
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,22	0,22	99,58
<0,05	0,0450	0,04	0,42	0,42	100,00
			99,88	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	Fi
5%	0,223	2,165
16%	0,190	2,396
25%	0,179	2,482
Mediana	0,152	2,718
75%	0,123	3,023
84%	0,115	3,120
95%	0,100	3,322

Šķirotība	0,356
Asimetrija	0,078
Smailums	0,876

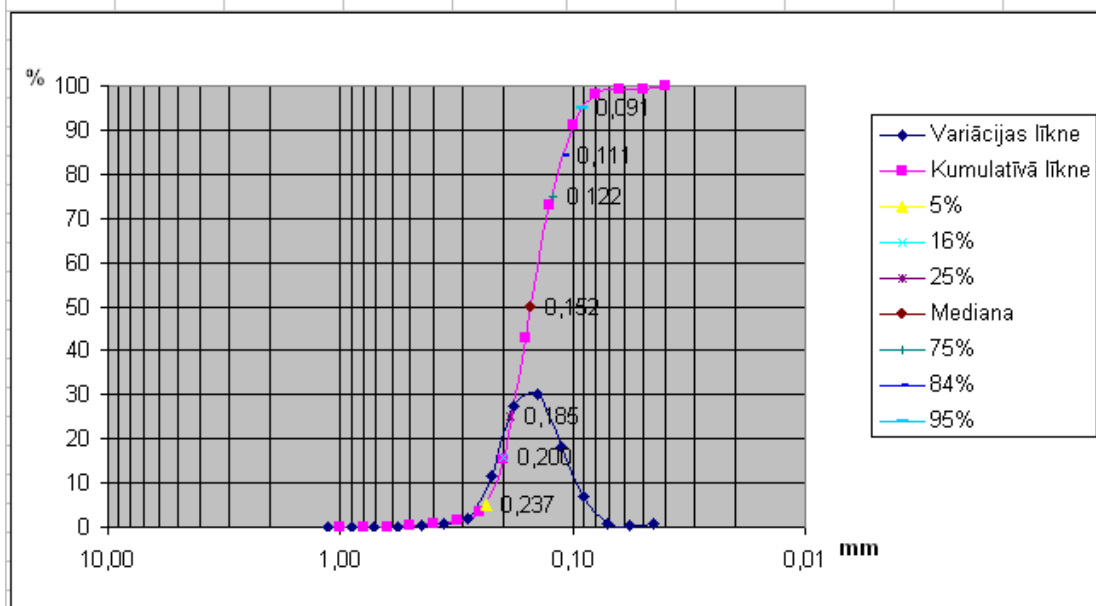


Paraugs Nr.19

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,06	0,06	0,06
1-0,8	0,9000	0,8	0,05	0,05	0,11
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,07	0,07	0,18
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,11	0,11	0,29
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,33	0,33	0,62
0,4-0,315	0,3675	0,315	0,96	0,96	1,58
0,315-0,25	0,2825	0,25	2,05	2,05	3,63
0,25-0,2	0,2250	0,2	11,74	11,75	15,39
0,2-0,16	0,1800	0,16	27,46	27,49	42,88
0,16-0,125	0,1425	0,125	30,04	30,07	72,95
0,125-0,1	0,1125	0,1	18,26	18,28	91,23
0,1-0,08	0,0900	0,08	6,96	6,97	98,20
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,9	0,90	99,10
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,31	0,31	99,41
<0,05	0,0450	0,04	0,59	0,59	100,00
			99,89	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	Fi
5%	0,237	2,077
16%	0,200	2,322
25%	0,185	2,434
Mediana	0,152	2,718
75%	0,122	3,035
84%	0,111	3,171
95%	0,091	3,458

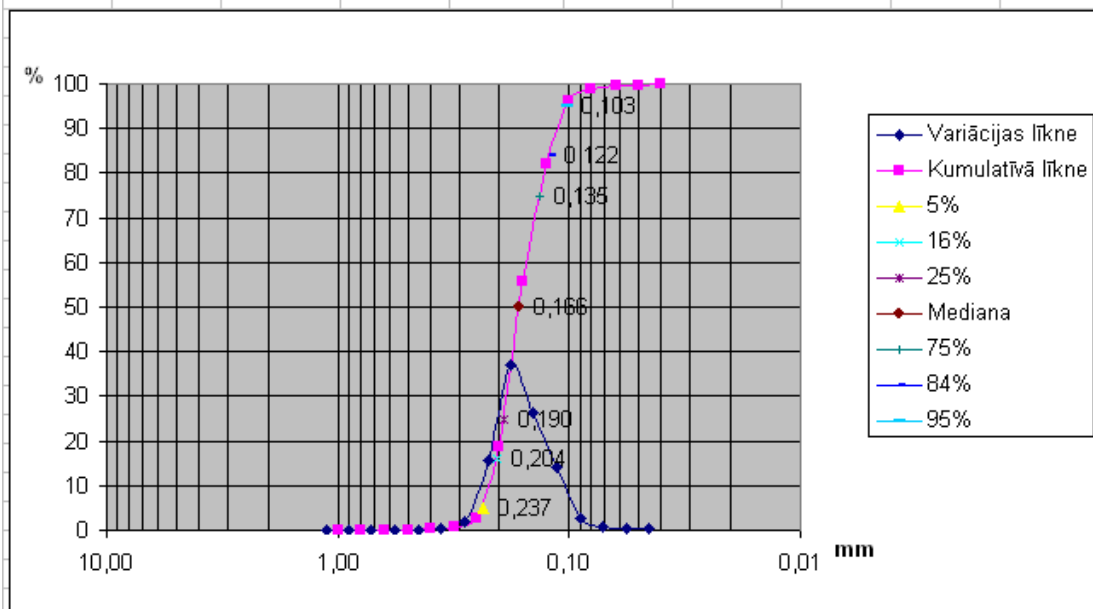
Šķirotība	0,422
Asimetrija	0,070
Smailums	0,942



Paraugs Nr. 20

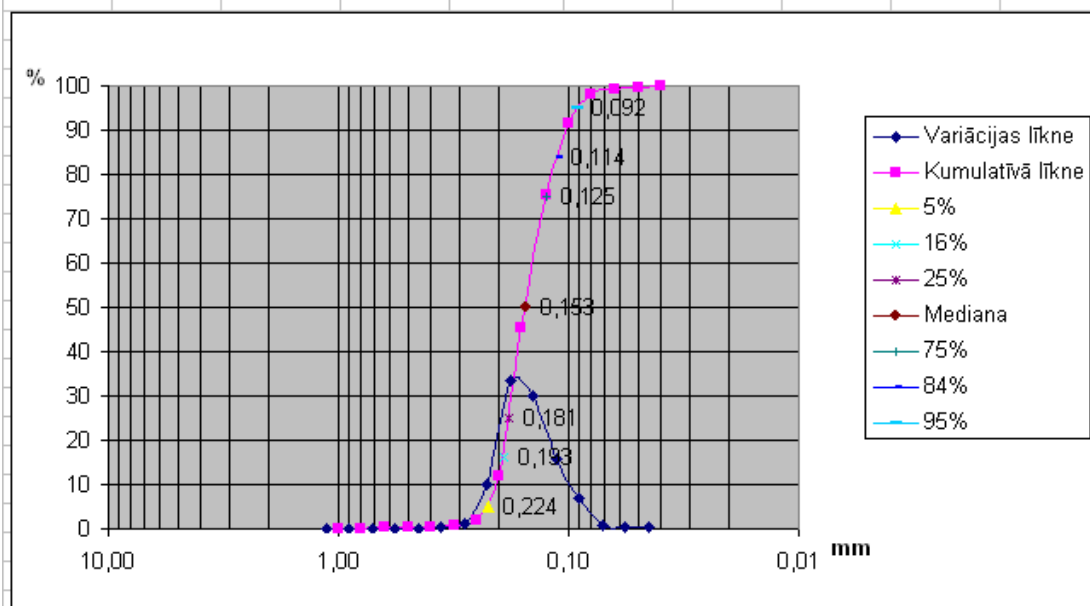
Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0	0,00	0,00
1-0,8	0,9000	0,8	0,04	0,04	0,04
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,05	0,05	0,09
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,08	0,08	0,17
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,19	0,19	0,36
0,4-0,315	0,3675	0,315	0,52	0,52	0,88
0,315-0,25	0,2825	0,25	1,91	1,91	2,78
0,25-0,2	0,2250	0,2	15,84	15,80	18,59
0,2-0,16	0,1800	0,16	37,18	37,09	55,68
0,16-0,125	0,1425	0,125	26,4	26,34	82,01
0,125-0,1	0,1125	0,1	14,03	14,00	96,01
0,1-0,08	0,0900	0,08	2,74	2,73	98,74
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,7	0,70	99,44
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,22	0,22	99,66
<0,05	0,0450	0,04	0,34	0,34	100,00
			100,24	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _i
5%	0,237	2,077
16%	0,204	2,293
25%	0,190	2,396
Mediana	0,166	2,591
75%	0,135	2,889
84%	0,122	3,035
95%	0,103	3,279
Šķirotība	0,368	
Asimetrija	0,172	
Smailums	0,999	



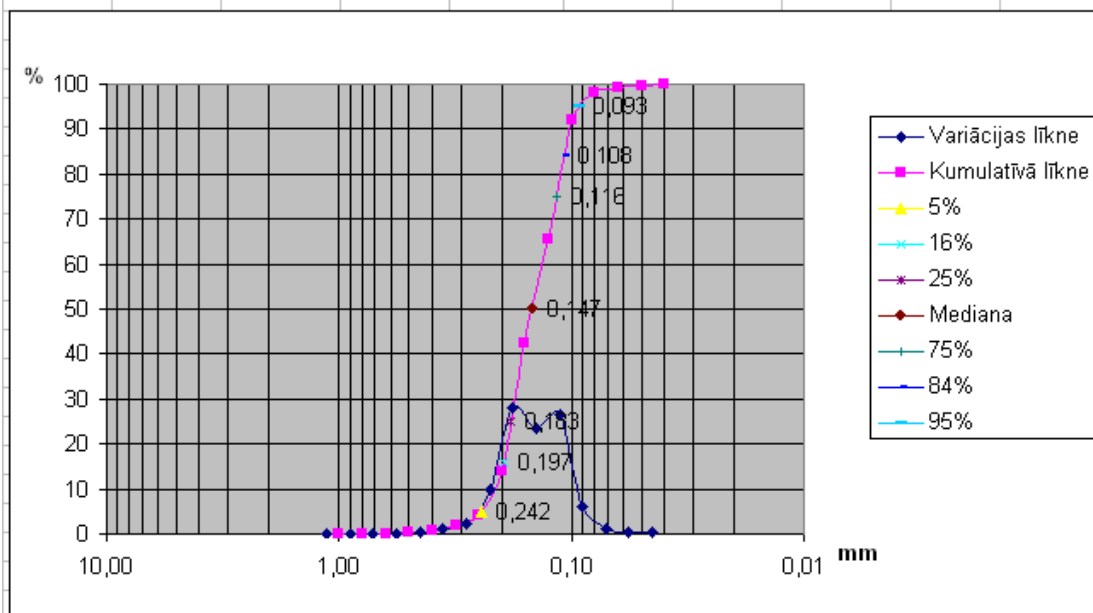
Paraugs Nr. 21

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %	
>1	1,1250	1	0,02	0,02	0,02	
1-0,8	0,9000	0,8	0,05	0,05	0,07	Granulometriskie koeficienti
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,16	0,16	0,23	
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,08	0,08	0,31	
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,12	0,12	0,43	
0,4-0,315	0,3675	0,315	0,33	0,33	0,76	
0,315-0,25	0,2825	0,25	1,05	1,05	1,81	
0,25-0,2	0,2250	0,2	10,18	10,19	12,00	
0,2-0,16	0,1800	0,16	33,43	33,45	45,44	
0,16-0,125	0,1425	0,125	30,02	30,04	75,48	
0,125-0,1	0,1125	0,1	15,87	15,88	91,36	
0,1-0,08	0,0900	0,08	6,9	6,90	98,26	
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,89	0,89	99,15	Šķirotība 0,384
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,28	0,28	99,43	Asimetrija 0,130
<0,05	0,0450	0,04	0,57	0,57	100,00	Smailums 0,985
			99,95	100,00		



Paraugs Nr. 22

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %	
>1	1,1250	1	0,01	0,01	0,01	
1-0,8	0,9000	0,8	0,03	0,03	0,04	Granulometriskie koeficienti
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,05	0,05	0,09	
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,12	0,12	0,21	
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,42	0,42	0,63	
0,4-0,315	0,3675	0,315	1,32	1,32	1,96	
0,315-0,25	0,2825	0,25	2,23	2,24	4,19	
0,25-0,2	0,2250	0,2	9,89	9,92	14,11	
0,2-0,16	0,1800	0,16	28,1	28,19	42,30	
0,16-0,125	0,1425	0,125	23,27	23,34	65,64	
0,125-0,1	0,1125	0,1	26,33	26,41	92,06	
0,1-0,08	0,0900	0,08	6,01	6,03	98,08	
0,08-0,063	0,0715	0,063	1,25	1,25	99,34	Šķirotība 0,426
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,24	0,24	99,58	Asimetrija -0,008
<0,05	0,0450	0,04	0,42	0,42	100,00	Smailums 0,860
			99,69	100,00		

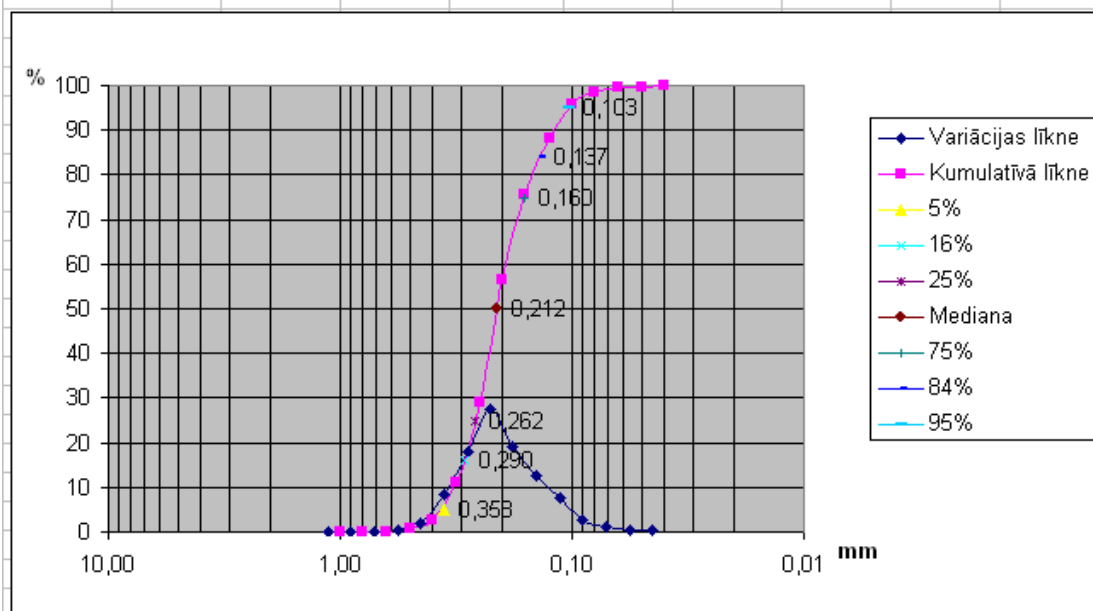


Paraugs Nr. 23

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,02	0,02	0,02
1-0,8	0,9000	0,8	0,04	0,04	0,06
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,12	0,12	0,18
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,43	0,43	0,61
0,5-0,4	0,4500	0,4	2,03	2,03	2,64
0,4-0,315	0,3675	0,315	8,24	8,25	10,89
0,315-0,25	0,2825	0,25	18,08	18,10	28,99
0,25-0,2	0,2250	0,2	27,57	27,60	56,59
0,2-0,16	0,1800	0,16	19,03	19,05	75,64
0,16-0,125	0,1425	0,125	12,57	12,58	88,22
0,125-0,1	0,1125	0,1	7,58	7,59	95,81
0,1-0,08	0,0900	0,08	2,67	2,67	98,48
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,97	0,97	99,45
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,24	0,24	99,69
<0,05	0,0450	0,04	0,31	0,31	100,00
			99,9	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	Fi
5%	0,358	1,482
16%	0,290	1,786
25%	0,262	1,932
Mediana	0,212	2,238
75%	0,160	2,644
84%	0,137	2,867
95%	0,103	3,279

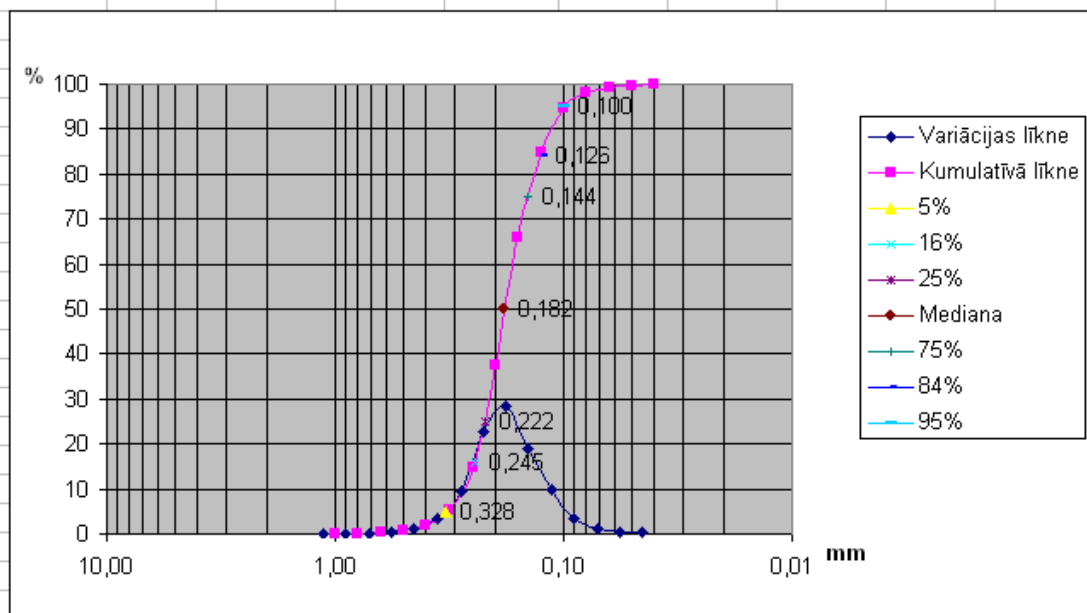
Šķirotība	0,543
Asimetrija	0,161
Smailums	1,035



Paraugs Nr. 24

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,03	0,03	0,03
1-0,8	0,9000	0,8	0,07	0,07	0,10
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,16	0,16	0,26
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,34	0,34	0,60
0,5-0,4	0,4500	0,4	1,14	1,14	1,75
0,4-0,315	0,3675	0,315	3,44	3,45	5,20
0,315-0,25	0,2825	0,25	9,38	9,41	14,61
0,25-0,2	0,2250	0,2	22,78	22,86	37,46
0,2-0,16	0,1800	0,16	28,26	28,35	65,82
0,16-0,125	0,1425	0,125	19,06	19,12	84,94
0,125-0,1	0,1125	0,1	9,69	9,72	94,66
0,1-0,08	0,0900	0,08	3,51	3,52	98,18
0,08-0,063	0,0715	0,063	1,16	1,16	99,35
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,29	0,29	99,64
<0,05	0,0450	0,04	0,36	0,36	100,00
			99,67	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	Fi
5%	0,328	1,608
16%	0,245	2,029
25%	0,222	2,171
Mediana	0,182	2,458
75%	0,144	2,796
84%	0,126	2,989
95%	0,100	3,322
Šķirotība		
	0,499	
Asimetrija		
	0,057	
Smailums		
	1,125	

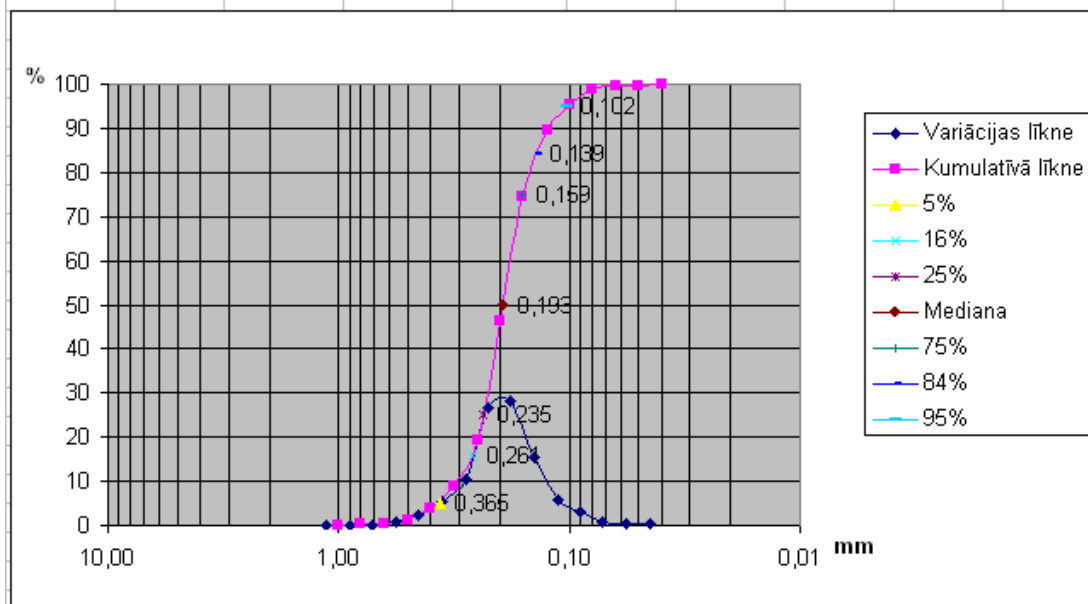


Paraugs Nr. 25

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %	
>1	1,1250	1	0,08	0,10	0,10	
1-0,8	0,9000	0,8	0,15	0,19	0,30	Granulometriskie koeficienti
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,05	0,06	0,36	
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,72	0,93	1,29	
0,5-0,4	0,4500	0,4	1,93	2,48	3,77	
0,4-0,315	0,3675	0,315	4,1	5,27	9,03	
0,315-0,25	0,2825	0,25	8	10,28	19,31	
0,25-0,2	0,2250	0,2	20,88	26,83	46,14	
0,2-0,16	0,1800	0,16	21,93	28,18	74,33	
0,16-0,125	0,1425	0,125	11,87	15,25	89,58	
0,125-0,1	0,1125	0,1	4,63	5,95	95,53	
0,1-0,08	0,0900	0,08	2,53	3,25	98,78	
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,56	0,72	99,50	
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,17	0,22	99,72	
<0,05	0,0450	0,04	0,22	0,28	100,00	
			77,82	100,00		

> ..., %	mm	F _i
5%	0,356	1,490
16%	0,261	1,938
25%	0,235	2,089
Mediana	0,198	2,336
75%	0,159	2,653
84%	0,139	2,847
95%	0,102	3,293

Šķirotība	0,500
Asimetrija	0,092
Smailums	1,311

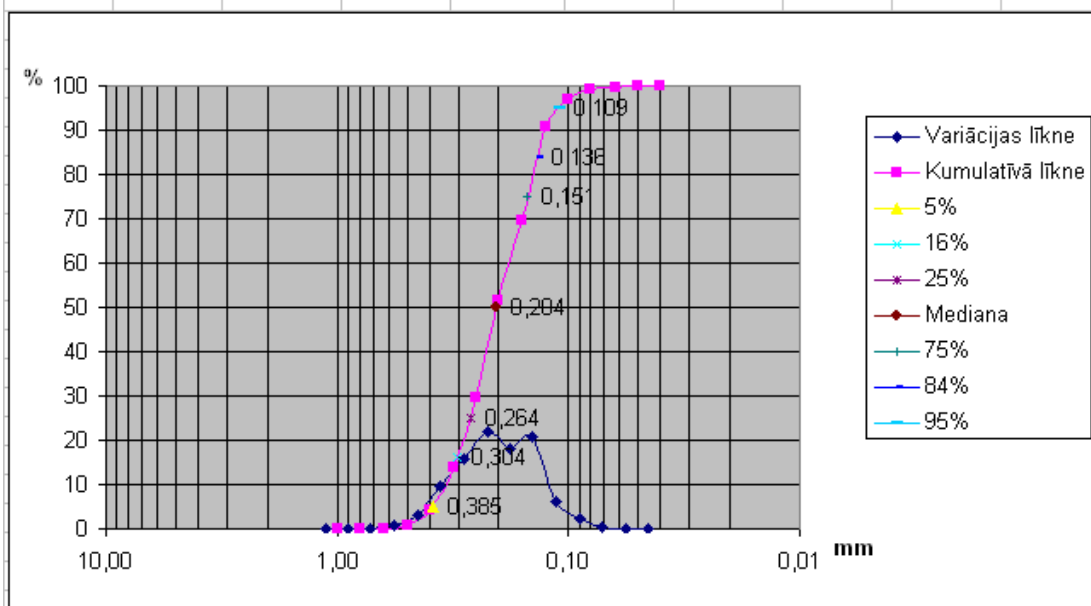


Paraugs Nr. 26

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0	0,00	0,00
1-0,8	0,9000	0,8	0,02	0,02	0,02
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,15	0,15	0,17
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,78	0,78	0,95
0,5-0,4	0,4500	0,4	3,23	3,23	4,18
0,4-0,315	0,3675	0,315	9,7	9,69	13,87
0,315-0,25	0,2825	0,25	15,63	15,61	29,48
0,25-0,2	0,2250	0,2	22,07	22,05	51,53
0,2-0,16	0,1800	0,16	18,27	18,25	69,78
0,16-0,125	0,1425	0,125	20,91	20,89	90,67
0,125-0,1	0,1125	0,1	6,09	6,08	96,75
0,1-0,08	0,0900	0,08	2,46	2,46	99,21
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,5	0,50	99,71
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,18	0,18	99,89
<0,05	0,0450	0,04	0,11	0,11	100,00
			100,1	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _T
5%	0,385	1,377
16%	0,304	1,718
25%	0,264	1,921
Mediana	0,204	2,293
75%	0,151	2,727
84%	0,136	2,878
95%	0,109	3,198

Šķirotība	0,566
Asimetrija	0,001
Smailums	0,926

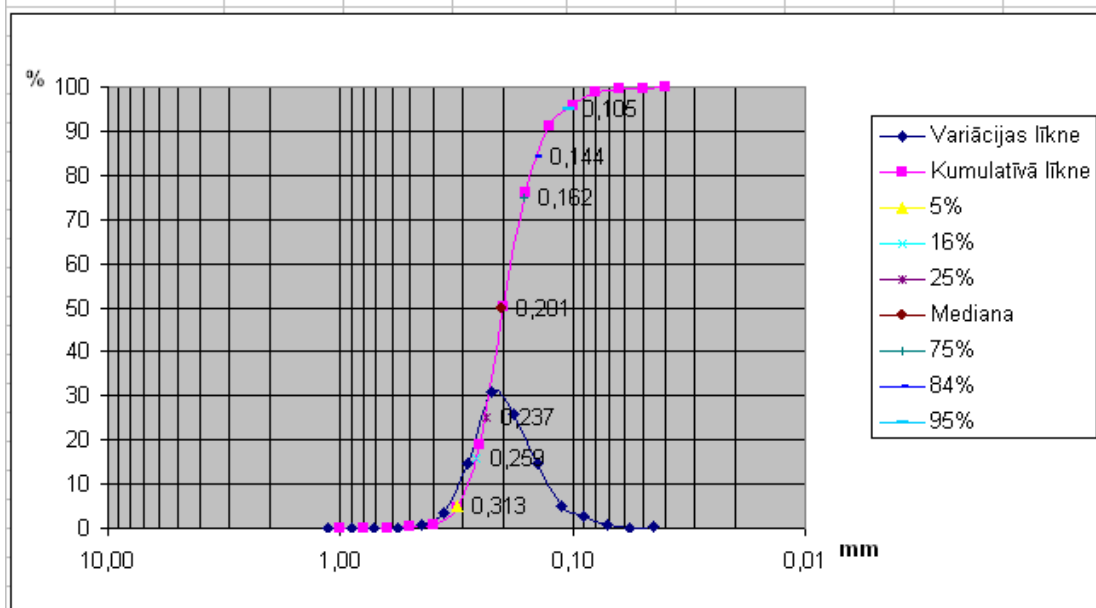


Paraugs Nr.27

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. līknei, %
>1	1,1250	1	0,01	0,01	0,01
1-0,8	0,9000	0,8	0,02	0,02	0,03
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,06	0,06	0,09
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,16	0,16	0,25
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,65	0,65	0,90
0,4-0,315	0,3675	0,315	3,6	3,60	4,50
0,315-0,25	0,2825	0,25	14,58	14,58	19,08
0,25-0,2	0,2250	0,2	31,07	31,07	50,16
0,2-0,16	0,1800	0,16	26,02	26,02	76,18
0,16-0,125	0,1425	0,125	14,8	14,80	90,98
0,125-0,1	0,1125	0,1	4,91	4,91	95,89
0,1-0,08	0,0900	0,08	2,86	2,86	98,75
0,08-0,063	0,0715	0,063	0,73	0,73	99,48
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,19	0,19	99,67
<0,05	0,0450	0,04	0,33	0,33	100,00
			99,99	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _T
5%	0,313	1,676
16%	0,259	1,949
25%	0,237	2,077
Mediana	0,201	2,315
75%	0,162	2,626
84%	0,144	2,796
95%	0,105	3,252

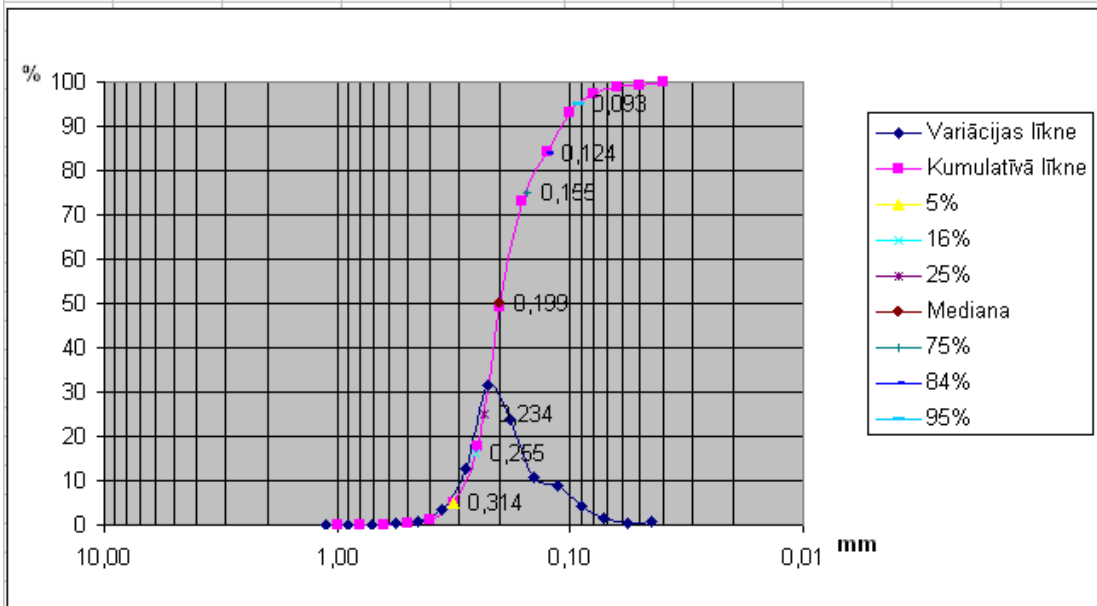
Šķirotība	0,450
Asimetrija	0,163
Smailums	1,177



Paraugs Nr.28

Frakcija, mm	Frakcijas vid., mm	Frakcijas mazākais, mm	Masa, g	Masa, %	Masa, kum. liknei, %
>1	1,1250	1	0,02	0,02	0,02
1-0,8	0,9000	0,8	0,04	0,04	0,06
0,8-0,63	0,7150	0,63	0,11	0,11	0,17
0,63-0,5	0,5650	0,5	0,25	0,25	0,42
0,5-0,4	0,4500	0,4	0,82	0,82	1,25
0,4-0,315	0,3575	0,315	3,61	3,63	4,87
0,315-0,25	0,2825	0,25	12,77	12,83	17,70
0,25-0,2	0,2250	0,2	31,53	31,68	49,39
0,2-0,16	0,1800	0,16	23,67	23,78	73,17
0,16-0,125	0,1425	0,125	10,84	10,89	84,06
0,125-0,1	0,1125	0,1	8,96	9,00	93,07
0,1-0,08	0,0900	0,08	4,3	4,32	97,39
0,08-0,063	0,0715	0,063	1,52	1,53	98,91
0,063-0,05	0,0565	0,05	0,50	0,50	99,42
<0,05	0,0450	0,04	0,58	0,58	100,00
			99,52	100,00	

Granulometriskie koeficienti		
> ..., %	mm	F _T
5%	0,314	1,671
16%	0,255	1,971
25%	0,234	2,095
Mediana	0,199	2,329
75%	0,155	2,690
84%	0,124	3,012
95%	0,093	3,427
Šķirotība	0,526	
Asimetrija	0,281	
Smailums	1,211	



Bakalaura darbs „Devona Burtnieku svītas smilšakmeņi Bezdelīgu klintīs: fācijas un veidošanās apstākļi” izstrādāts LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Linda Berga

paraksts

datums

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Zinātniskais vadītājs: Ģirts Stinkulis,
Dr. ģeol., asoc. prof.

paraksts

datums

Recenzents: amats, zinātn. grāds Vārds Uzvārds

Darbs iesniegts Ģeoloģijas nodaļas lietvedībā datums

Nodaļas lietvede

paraksts

datums

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Bakalaura darbs aizstāvēts ģeoloģijas bakalaura gala pārbaudījumu komisijas sēdē

.....
gads, datums, mēnesis

protokola nr.

vērtējums

Sekretārs Vārds Uzvārds

paraksts

datums