

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA  
LIETIŠĶĀS ĢEOLOĢIJAS KATEDRA

SMILŠAINO NOGULUMU FILTRĀCIJAS KOEFICIENTA UN  
GRANULOMETRISKĀ SASTĀVA SAKARĪBAS

BAKALĀURA DARBS

Autors **Eleonora Pērkone**  
Stud. apl. ep06005  
Darba vadītājs:  
Docents, Dr. ģeol. Aija Dēliņa

RĪGA 2010

## ANOTĀCIJA

Bakalaura darbā „Smilšaino nogulumu filtrācijas koeficienta un granulometriskā sastāva sakarības” ir veikti smilšaino nogulumu filtrācijas koeficientu un granulometriskā sastāva pētījumi, trīs smilts – grants atradnēs un vienā mālu atradnē. Darba mērķis ir izzināt smilšaino nogulumu filtrācijas koeficientu izmaiņas atkarībā no nogulumu granulometriskā sastāva. Darbā analizētas filtrācijas koeficientu un granulometriskā sastāva sakarības četru veidu nogulumiem – rupjgraudainai, vidējgraudainai, smlakgraudainai smiltij un aleirītam.

Smilšaino nogulumu filtrācijas koeficienti iegūti, laboratorijas filtrācijas iekārtā. Granulometriskā sastāva analīze veikta izmantojot sietu un hidrometra metodes. Darba noslēgumā apzināts smalko daļiņu procentuālais daudzums, kas nogulumu tipa robežās, spēj būtiski ietekmēt to filtrācijas koeficientus.

Bakalaura darbs sastāv no 66 lapaspusēm, 4 nodaļām, secinājumiem un 4 pielikumiem. Darbā ievietoti 20 attēli un 7 tabulas.

Atslēgas vārdi: filtrācijas īpašības, filtrācijas koeficients, Darsī likums, filtrācijas iekārta, granulometrija.

## ANNOTATION

Within Bachelor paper “Correlation of permeability and gran size of sandy sediments” has been accomplished studies of permeability and gran size distribution of sandy sediments, in three sand – gravel quarrys and in one quarry of clay. The main objective of this work was to describe and correlate changes of permeability of sandy sediments by dependence of changes of sediments gran size. In this work, permeability and gran side distribution, are analysed using four sediment types – coarse sand, medium sand, fine sand and silt.

Permeability of sandy sediments are determinated by laboratory permeameter. Gran size analyses are carried out using sive and hydrometer methods. In conclusion, for every sediment type, are deliberated percentage of fine particles what substantial can change permeability.

Bachelor paper consists of 66 pages, 4 chapters, conclusions and 4 supplements. In work are inserted 20 pictures and 7 tables.

Keywords: propetys of filtration, permeability, Darcy`s law, laboratory permeameter, granulometry.

# SATURS

## ANOTĀCIJA

IEVADS .....	6
1. FILTRĀCIJAS ĪPAŠĪBAS.....	7
1.1. Darsī likums.....	7
1.2. Caurlaidības koeficients ( $k_0$ ) .....	8
1.3. Caurplūdes koeficients (T) .....	9
1.4. Filtrācijas koeficients (k).....	10
2. MATERIĀLI UN METODES.....	13
2.1. Literatūras studijas.....	13
2.2. Pētījumu vietu metožu izvēle .....	13
2.2.1. Lauka metodes .....	13
2.2.1.1. Filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes piesātinājuma zonai14 <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
2.2.1.2. Filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes nepiesātinājuma zonai16 <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
2.2.2. Matemātisko aprēķinu metode.....	18
2.2.3. Filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes laboratorijas apstākļos19 <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
2.3. Lauka darbi .....	20
2.4. Laboratorijas darbi.....	35
2.4.1. Filtrācijas koeficienta noteikšana laboratorijas filtrācijas iekārtā .....	35
2.4.1.1. Pastāvīgā līmeņa metode .....	36
2.4.1.2. Mainīgā līmeņa metode .....	37
2.4.2. Materiāla granulometriskā sastāva noteikšana .....	38
2.4.3. Jauktas struktūras paraugu veidošana un blīvuma noteikšana40 <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
2.5. Kamerālie darbi .....	43
3. PĒTĪJUMU VIETU ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE46 <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>	
3.1. Smilts - grants atradnes "Mazie Kangari" VI laukums46 <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
3.2. Smilts - grants atradne "Ezeri" .....	47
3.3. Smilts - grants atradne "Pāvuli".....	49
3.4. Mālu atradne "Progress" .....	50
4. FILTRĀCIJAS KOEFICIENTU UN GRANULOMETRISKĀ SASTĀVA SAKARĪBU PĒTĪJUMU REZULTĀTU ANALĪZE .....	52
SECINĀJUMI .....	62
PATEICĪBAS .....	64
LITERATŪRAS SARAKSTS .....	65

1. pielikums. Smilšaino nogulumu litoloģiskie tipi, vidējie filtrācijas koeficientu un blīvumu dati .....	67
2. pielikums. Paraugu granulometriskais sastāvs (%) .....	68
3. pielikums. Hidrometra analīzes rezultāti, ūdens temperatūras, blīvuma un parauga blīvuma mērījumi laikā.....	70
4. pielikums. Filtrācijas koeficientu mērījumi netraucētas un jauktas struktūras paraugiem, izmantojot filtrācijas iekārtas pastāvīgā un mainīgā līmeņa metodes.....	72

## IEVADS

Viena no svarīgākajām pazemes ūdeņu īpašībām ir dinamiskums jeb spēja pārvietoties – filtrēties Zemes garozas slāņos dažādu faktoru ietekmē. Šai īpašībai ir liela praktiska nozīme, jo no tās ir atkarīga pazemes ūdeņu krājumu izmantošana, cīņa ar pazemes ūdeņiem raktuvēs, būvbedrēs un karjeros. Pazemes ūdeņu dinamikai ir liela nozīme hidrotehniskajā celtniecībā, meliorācijā, irigācijā un citās tautsaimniecības nozarēs (Maldavs, 1964).

Pētnieciskajā darbā ūdens kustības un filtrācijas likumsakarības smilšainajos nogulumos tiks apskatītas caur filtrācijas koeficienta un nogulumu granulometriskā sastāva sakarībām. Šāda darba tēma tika izvēlēta, jo filtrācijas koeficients ir viens no būtiskākajiem parametriem, kas raksturo nogulumu spēju laist cauri ūdeni un, līdz ar to, pazemes ūdeņu kustību noteiktos ģeoloģiskos apstākļos. Filtrācijas koeficientu galvenokārt ietekmē nogulumu daļiņu izmērs un iežu porainība, kā arī nogulumiežu relatīvais piesātinājums ar pazemes ūdeņiem. Filtrācijas koeficientu ir nepieciešams precīzi noteikt gan dažādos hidroģeoloģiskos pētījumos, gan inženierģeoloģiskos pētījumos un veicot būvniecību. Filtrācijas koeficienta noteikšanai, jau kopš tā atklāšanas pirmsākumiem, tiek pielietotas dažādas metodes. Filtrācijas koeficientus iespējams noteikt eksperimentāli uz vietas laukā, laboratorijā, izmantojot filtrācijas iekārtu un arī ar analītiskām metodēm, veicot aprēķinus. Katrai no metožu grupām ir gan savas priekšrocības, gan trūkumi, kas izpaužas dažādos nogulumos.

### **Darba mērķis:**

Izzināt smilšaino nogulumu filtrācijas koeficienta izmaiņas atkarībā no nogulumu granulometriskā sastāva.

### **Darba uzdevumi:**

- Studēt publicētās un nepublicētās literatūras avotus, par smilšaino nogulumu filtrācijas īpašībām, filtrācijas koeficientiem – to ietekmējošiem faktoriem un iespējamajām noteikšanas metodēm;
- Iepazīties ar filtrācijas koeficienta un granulometriskā sastāva noteikšanas metodēm;
- Izvēlēties, darba mērķim un pieejamajiem resursiem, atbilstošas paraugošanas vietas;
- Veikt paraugošanu, noskaidrot materiāla filtrācijas īpašības un granulometrisko sastāvu;
- Izveidot attiecīgo nogulumu jauktas struktūras paraugus un vispārīgi novērtēt blīvuma ietekmi uz nogulumu filtrācijas koeficientiem;
- Kamerāli apstrādāt un analizēt darba gaitā iegūtos datus.

# 1. FILTRĀCIJAS ĪPAŠĪBAS

Gruntsūdeņi, to dabiskajā vidē, atrodas nepārtrauktā kustībā, kura ir pakārtota noteiktiem hidroģeoloģiskiem principiem. Viens no būtiskākajiem parametriem, kas raksturo šķidrums kustību iežos jeb nogulumu spēju laist cauri šķidrums – filtrācijas īpašības ir filtrācijas koeficients (turpmāk tekstā arī  $k$ ). Svarīgs parametrs ir arī caurplūdes vai ūdensvadāmības koeficients ( $T$ ), kas apraksta nogulumu spēju filtrēt ūdeni noteiktos hidroģeoloģiskos apstākļos (Todd and Mays, 2005) un caurlaidības koeficients, kas apskata filtrācijas koeficienta un filtrējošā šķidrums īpašību sakarības.

Ūdens plūsmu pa ūdens horizontiem, kas lielākoties ir dabiski poraina vide, var tikt izteikta ar vienādojumu, kas pazīstams kā lineārās filtrācijas jeb Darsī likums. Filtrācijas koeficients, kas nosaka un raksturo iežu ūdenscaurlaidības spējas, ir ļoti svarīga pazemes ūdeņu plūsmas konstante. Filtrācijas koeficientu iespējams noteikt ar dažādām metodēm gan lauka, gan laboratorijas apstākļos. Darsī likums un tā atvasinājumi dod iespēju noteikt pazemes ūdeņu plūsmas intensitāti visdažādākajos hidroģeoloģiskajos apstākļos. Nogulumu filtrācijas īpašību noskaidrošanai nepieciešams izmantot dažādas metodes, jo pazemes ūdeņiem plūstot caur iežu porām, tie var sajaukties, izkliedēties, tādejādi radot neregulāru pazemes ūdeņu plūsmu. Šādu plūsmu pētījumiem ir piemērota traseru metode. Turpretī aerācijas zonā jāpielieto pavisam citas metodes, jo gaisa klātbūtne, šajā gadījumā, ir gruntsūdens plūsmu apgrūtināošs faktors, kas jāņem vērā (Todd and Mays, 2005).

## 1.1. Darsī likums

Jautājumi, kas saistīti ar ūdens kustību iežos zinātnieku prātus ir nodarbinājuši jau sen, bet galvenie atklājumi tika izdarīti tikai 19. gs. otrā pusē un 20. gs. Viens no svarīgākajiem šādiem atklājumiem bija 1856. gadā franču inženiera un hidraulika Henrija Darsī formulētais lineārais filtrācijas pamatlikums, ko tagad pazīst kā Darsī vienādojumu. Darsī, pētot ūdens filtrēšanas iespējas, sāka pētīt ūdens filtrāciju caur horizontāliem smilts nogulumu slāņiem un, daudzkārtīgos mēģinājumos, filtrējot ūdeni caur dažādiem smilts filtriem ieguva minēto sakarību (Todd and Mays, 2005).

Eksperimenta būtība bija noteikt filtrējošā ūdens daudzuma atkarību no ūdens līmeņa starpības un filtra izmēriem – filtra šķērsriezuma laukuma un filtra garuma. Eksperimentu rezultātā H. Darsī noskaidroja, ka ūdens daudzums, kas izplūst caur filtru vienā laika vienībā ir tieši proporcionāls filtra šķērsriezuma laukumam un ūdens līmeņu starpībai, un apgriezti proporcionāls filtra garumam (Todd and Mays, 2005).

Izteiksmes veidā Darsī jeb lineārās filtrācijas likumu var izteikt šādi:

$$Q = k \frac{\Delta H}{L} F, \quad (1.1.)$$

kur:  $k$  – proporcionalitātes jeb filtrācijas koeficients, kas atkarīgs no iežu un filtrējošā šķidrums fizikālajām īpašībām (m/dnn),

$\Delta H$  – ūdens līmeņa starpība (m),

$L$  – filtra jeb filtrācijas ceļa garums (m),

$F$  – filtra šķērsriezuma laukums, (m<sup>2</sup>) (Шварцев, 1996).

Henrijs Darsī atklāja pazemes ūdeņu kustības galveno, pamata likumu jeb lineārās filtrācijas likumu, un tas vēlāk tika nosaukts viņa vārdā, bet franču inženieris Ž. Dipuī pirmais šo likumu izmantoja praksē (Шварцев, 1996).

Šis likums ir viens no svarīgākajiem devumiem hidroģeoloģijā, jo mūsdienās tas kalpo par pamatu zināšanām un pētījumiem par pazemes ūdeņu plūsmām. Darsī paveiktais darbs bija pirmsākums gruntsūdens kustības un aku hidraulikas problēmu analizēšanai un risinājumu meklēšanai (Todd and Mays, 2005).

Pielietojot Darsī likumu, jāievēro, ka tas attiecas tikai uz smilšainajiem nogulumiem, pie tam tad, ja filtrācijas ātrums nepārsniedz 1000 m/diennaktī. Ja pazemes ūdeņi plūst lielās plaisās un tukšumos, līdzīgi kā notiek kustība caurulēs, tad ūdens kustības likumsakarības izteic Krasnopoļska formula (Maldavs, 1964). Eksperimentos ir noteikta arī Darsī likuma lietojuma apakšējā robeža, proti, tas ir piemērojams arī ļoti maziem filtrācijas ātrumiem, kur hidrauliskais gradients ir  $3 - 4 \cdot 10^{-5}$  un pat vēl mazāk. Darsī likuma apakšējo robežu, principā, nosaka ļoti mazie nogulumu poru izmēri, kuros šķidrums kustību būtiski sāk ietekmēt starp šķidrumu un iezi pastāvošie molekulārie spēki (Furbish, 1996). Lai gan pastāv arī atzinumi, ka pie ļoti maziem filtrācijas ātrumiem ir vērojamas lielas novirzes no Darsī likuma. Tomēr tas pašlaik nav eksperimentāli pamatots, tāpēc tiek uzskatīts, ka Darsī likums ir piemērojams neierobežoti maziem filtrācijas ātrumiem (Furbish, 1996).

Kaut Darsī likuma lietošanai ir zināmas robežas, tas ir filtrācijas pamatlikums, kas plaši pielietojams pazemes ūdeņu filtrācijas aprēķinos porainos nogulumos (Maldavs, 1964).

## 1.2. Caurlaidības koeficients ( $k_0$ )

Nogulumu vai augsnes ūdenscaurlaidība raksturo to spēju vadīt un laist cauri šķidrumu. Caurlaidības koeficients, faktiski, ir nogulumu īpašība, kas nosaka to filtrācijas koeficientu un, ņemot vērā šķidrums īpašības, vienam ūdens nesējslānim vienmēr būs konstants un, kas lielā mērā ir atkarīga no nogulumu šķidrums īpašībām. Caurlaidības



koeficientu iespējams aprēķināt tikai tad, ja ir zināms filtrējošā šķidrums blīvums un viskozitāte (Brassington, 2007). Lai nerastos kļūdas, sajaucot šo parametru ar filtrācijas koeficientu, caurlaidības koeficientu iespējams izteikt šādi:

$$k_0 = \frac{k\mu}{\rho g}, \quad (1.2.)$$

Kur:  $k$  – filtrācijas koeficients (m/dnn);

$\mu$  – dinamiskā viskozitāte (Pa\*s);

$\rho$  – šķidrums blīvums (kg/m<sup>3</sup>);

$g$  – brīvās krišanas paātrinājums (m/s<sup>2</sup>) (Todd and Mays, 2005).

Caurleidības koeficients raksturo tādu iezi, caur kura 1 cm garu posmu ar 1 cm<sup>2</sup> lielu šķērsriezuma laukumu izplūst 1 cm<sup>3</sup>/s ūdens, ja spiediena kritums ir 1 cpz (centipuazs - 1 tehniskā atmosfēra). Šī koeficienta vērtības izsaka kvadrātmetros (m<sup>2</sup>), parasti tās ir ļoti mazas, tāpēc rezultātu izsaka kvadrātmikrometros (μm)<sup>2</sup>, bet naftas industrijā  $k_0$  vērtības mēra darsī vienībās, 1 darsī = 0,987 (μm)<sup>2</sup> (Todd and Mays, 2005).

### 1.3. Caurplūdes koeficients ( $T$ )

Praksē, ūdens piesātināto nogulumu filtrācijas īpašību raksturošanai papildus filtrācijas koeficientam, tiek izmantots arī caurplūdes (saukts arī par ūdens vadāmības) koeficients.

Termins *caurplūdes koeficients* ir samērā plaši lietots pazemes ūdeņu hidraulikā. Tas var tikt definēts gan kā ūdens apjoms jeb caurplūdums, pie kura ūdens ar dominējošo kinemātisko viskozitāti tiek vadīts caur ūdens slāņa platuma vienību ar noteiktu filtrācijas koeficientu (Todd and Mays, 2005), gan kā parametrs, kas raksturo 1 m plata ūdens horizonta spēju filtrēt ūdeni vienā laika vienībā, ja hidrauliskais gradients ir 1. To var izteikt kā:

$$T = kb = (\text{m/dnn}) * (\text{m}) = \text{m}^2/\text{dnn}, \quad (1.3.)$$

kur:  $b$  – ūdens nesējslāņa piesātinātās daļas biezums (m);

$k$  – filtrācijas koeficients (m/dnn) (Todd and Mays, 2005).

1929. gadā zinātnieks Nuttings, izejot no šī, ieviesa jaunu jēdzienu – porainās vides caurplūdes koeficients. Gadījumā, ja iežos plūst homogēns šķidrums, caurplūdes koeficients ir atkarīgs tikai no tiem parametriem, kas raksturo tikai materiāla poraino vidi. Caurleidības koeficients attēlo, cik liels ir grunts porainās vides potenciāls vadīt tajā esošos šķidrumus un gāzes (Пыхачев, 1961). Šo koeficientu bieži izmanto neviendabīgu ūdens horizontu raksturošanai.

#### 1.4. Filtrācijas koeficients ( $k$ )

Filtrācijas koeficients ir viena no būtiskākajām nogulumu filtrācijas īpašībām, kas raksturo to spēju laist cauri jeb filtrēt ūdeni, kas ir atkarīga no poru un plaisu izmēriem, kā arī filtrējošā šķidruma īpašībām. Filtrācijas koeficients tiek izmantots pazemes ūdeņu hidroģeoloģijā, praktiskajos darbos, kur dominējošais šķidrums ir ūdens un to izsaka kā attāluma un laika attiecību (Todd and Mays, 2005). Filtrācijas koeficientu iespējams noteikt eksperimentāli uz lauka, laboratorijā ar filtrācijas iekārtu palīdzību vai, zinot materiāla īpašības, aprēķināt ar matemātiskiem vienādojumiem. Filtrācijas koeficients ir aprakstīts Darsī likumā, kas viendimensionālai, vertikālai plūsmai ir rakstāms šādi:

$$U = -k \frac{\Delta h}{\Delta z}, \quad (1.4.)$$

Kur:  $U$  – ātrums ar kādu šķidrums filtrējas caur noteiktu laukuma vienību (m/dnn);

$-k$  – filtrācijas koeficients (m/dnn);

$\Delta h$  – ūdens līmeņu starpība (m);

$\Delta z$  – vertikālais filtrācijas ceļa garums (m) (RESRAD, bez. dat).

Filtrācijas koeficients nosaka iežos esošā šķidruma uzvedību pie dažādiem specifiskiem nosacījumiem. Jo īpaši filtrācijas koeficients nosaka iežos esošā šķidruma spēju plūst cauri iežu sistēmai, pie noteikta hidrauliskā gradienta (RESRAD, bez. dat).

Filtrācijas koeficients ir atkarīgs no materiāla daļiņu izmēra, no nogulumu matricas virsmas, nogulumos esošā šķidruma veida, kā arī no nogulumu relatīvā piesātinājuma ar ūdeni. Svarīgākās īpašības, kas attiecas uz nogulumu matrici ir poru izmērs un izvietojums, poru forma, izliekums, virsmas īpatnības un porainība. Visbūtiskākās šķidruma īpašības, kas ietekmē filtrācijas koeficientu ir šķidruma blīvums un viskozitāte (RESRAD, bez. dat).

Filtrācijas koeficienta vērtības piesātinātos iežos, atkarībā no materiāla, var mainīties ļoti plašā vērtību diapazonā. Vērtību variācijas nosaka atšķirības materiāla granulometriskajā sastāvā, blīvumā un konsolidētībā, būtiski ir arī materiāla tekstūra, šķirotības pakāpe un smalko daļiņu procentuālais piejaukums. To cik liela ir filtrācijas koeficientu vērtību amplitūda, zināmā mērā, ietekmē arī ģeoloģisko veidojumu nevienmērība (RESRAD, bez. dat). Ģeoloģisko veidojumu telpiskās nevienmērības dēļ, filtrācijas koeficienta vērtības mainās dažādās nogulumu masīva vietās un atkarībā no virziena, kāda mērījumi veikti. Šādas ģeoloģiskās formācijas sauc par heterogēnām jeb anizotropām. Bet ja iežu īpašības ir nemainīgas telpā, filtrācijas koeficients nemainās un nav atkarīgs ne no novietojuma, ne virziena, kādā tas noteikts, veidojums ir homogēns jeb izotropš. Bet parasti šādus nogulumus var sastapt reti, jo dabiskā vidē nekonsolidētie nogulumu parasti ir, vairāk vai mazāk,

slāņaini, tādejādi veidojot anizotropu formāciju. Šādā anizotropā ģeoloģiskajā vidē šķidrums kustoties paralēli slāņa virsmai filtrācijas koeficienta vērtības var būt 2 līdz pat 20 reizes lielākas par tām vērtībām, ko nosaka ūdens kustība perpendikulāri pret slāņa virsmu (Hua Chen, 2000).

Pētot pazemes ūdeņus un risinot ar tiem saistītus jautājumus, reizēm nākas novērot diezgan lielu līdzību starp pazemes ūdeņu filtrācijas koeficientu un plūsmas ātrumu. Šādos gadījumos rodas jautājums, kāda ir atšķirība starp filtrācijas koeficientu un plūsmas ātrumu un vai šie termini neapzīmē vienu un to pašu parametru? Atbildi uz šo jautājumu sniedz no Darsī vienādojuma izsecināms salīdzinājums (Шварцев, 1996):

$$\frac{Q}{F} = v = kI, \quad (1.5.)$$

Kur:  $Q$  – plūsmas debīts ( $\text{m}^3/\text{dnn}$ ),

$F$  – plūsmas šķērsriezuma laukums (m),

$v$  – filtrācijas ātrums (m/dnn),

$k$  – filtrācijas koeficients (m/dnn),

$I$  – plūsmas jeb spiediena gradients.

Šis vienādojums attēlo lineāro sakarību starp filtrācijas ātrumu un plūsmas gradientu. Ja pieņem, ka  $I = 1$ , tad  $v = k$ , principā, filtrācijas ātrums ir vienāds ar filtrācijas koeficientu pie nosacījuma, ja hidrauliskais gradients ir 1. Tāpēc arī filtrācijas koeficientam ir tādas pašas mērvienības kā plūsmas ātrumam – cm/s, m/h vai m/dnn (Шварцев, 1996).

Ja reālas plūsmas vietā tiek apskatīta abstrakta plūsma, jāņem vērā, ka filtrācijas ātrums, kas izrēķināts izmantojot augstākminēto formulu, nav vienāds ar patieso ūdens kustības ātrumu iežu porās un plaisās (Шварцев, 1996). Tas izskaidrojams ar to, ka ūdens pārvietojas tikai poru šķērsriezumu laukuma kopplatībā, kas ir mazāka par visu ūdens slāņa šķērsriezuma laukumu (Maldavs, 1964). Lai iegūtu reālo pazemes ūdeņu kustības ātrumu  $U$  (m/dnn), pazemes ūdens filtrācijas ātrumu  $v$  (m/dnn) nepieciešams izdalīt ar nogulumu porainības koeficientu  $n$ :

$$U = \frac{v}{n}. \quad (1.6.)$$

Ņemot vērā to, ka  $n$  vienmēr ir mazāks par 1, tad no Darsī likuma iegūstam, ka filtrācijas ātrums vienmēr ir mazāks par patieso ūdens kustības ātrumu. Reālo pazemes ūdens kustības ātrumu ietekmē, un visbiežāk tas ir atkarīgs no ūdens horizontu veidojošo iežu minerāliem, jo tieši tie nosaka poru struktūru un raksturu (Шварцев, 1996).

Praksē filtrācijas koeficients tiek pētīts un noteikts, gan piesātinājuma, gan nepiesātinājuma zonai. Strādājot ar nepiesātinājuma zonas filtrācijas īpašību noteikšanu,

jāņem vērā, ka tai filtrācijas koeficients ir būtiski mazāks par piesātinājuma zonas koeficientu, jo ūdens, plūstot caur sausām nogulumu porām, tiek pakļauts adhēzijas un kohēzijas iedarbības spēkam, kas būtiski ietekmē ūdens filtrāciju caur nogulumiem. Piesātinājuma zonas porainajā vidē, lielāka ūdens daudzuma klātbūtne padara plūsmu daudz iespējamāku un ātrāku, jo lielajā ūdens daudzumā kohēzijas un adhēzijas spēki izlīdzinās, tādejādi būtiski neietekmējot plūsmu (Sanders, 1998).

## 2. MATERIĀLI UN METODEDES

### 2.1. Literatūras studijas

Sākot pētnieciskā darba izstrādi, tika izstudēti vairāki literatūras avoti par nogulumiežu filtrācijas īpašībām un filtrācijas koeficienta noteikšanas metodēm (Todd and Mays, 2005, Маслов и Комов, 1971, Indāns u.c., 1986, u.c.). Tika studēta literatūra par filtrācijas koeficientu ietekmējošiem faktoriem un apskatītas iepriekš izpētītas likumsakarības starp filtrācijas koeficientiem un nogulumu granulometrisko sastāvu, kā arī apskatīts Darsī likums, lai rastu izpratni par filtrācijas koeficientu veidojošiem faktoriem (Todd and Mays, 2005, Шварцев, 1996, Furbish, 1996, u.c.). Izstudētas arī vairākas Latvijas Ģeoloģijas fondā pieejamās atskaites par lauka darbos izmantotajām mālu un smilts – grants atradnēm (Ābolts, 2004, Vernāns, 1999, Бабкин, 1968, Каменская, 1975, Васильева, 1959).

Materiāli ņemti no Latvijas Universitātes Zemes un vides zinātņu bibliotēkas, Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centra bibliotēkas, internetā pieejamajām zinātniskās literatūras datubāzēm un interneta vidē atrodamajiem materiāliem. Kopumā darbā izstudēti 24 literatūras avoti, no tiem 16 grāmatas, 5 Latvijas Ģeoloģijas fonda atskaites, 3 interneta avoti.

### 2.2. Pētījumu vietu metožu izvēle

Filtrācijas koeficientu iespējams noteikt ar dažādu lauka, laboratorijas un matemātisko metožu palīdzību, un to starpā pastāv vairākas atšķirības, kas saistās gan ar metodes tehnisko izpildījumu un nosacījumiem, kuros tā pielietojama, gan iegūtajiem rezultātiem un to precizitāti. Šajā nodaļā tiks aprakstītas vairākas iespējamās lauka apstākļos izmantojamās filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes un arī matemātiskie risinājumi filtrācijas koeficienta noteikšanai. Vairākas metodes tika aplūkotas, lai pamatoti izvēlētos darba mērķim un uzdevumiem atbilstošu filtrācijas koeficienta noteikšanas metodi.

#### 2.2.1. Lauka metodes

Izmantojot lauka pētījumu metodes, nosakot filtrācijas koeficientu, tiek iegūta visu ūdens horizontu raksturojoša vērtība, bet laboratorijā filtrācijas koeficienti tiek noteikti speciālās filtrācijas iekārtās, kurās tiek ievietoti atsevišķi materiāla paraugi no pētāmā slāņa un tiem tiek laists cauri ūdens. Filtrācijas iekārtā pētītajiem paraugiem parasti ir izjaukta

dabiskā struktūra, bet, gadījumos, kad tiek pētīti dabiskas struktūras paraugi, jāņem vērā, ka iegūtie vidējie filtrācijas koeficienti neraksturos paraugotā horizonta kopējās filtrācijas īpašības (De Wiest, 1969).

Lauka apstākļos izmantojamās filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes, līdzīgi kā laboratorijas un matemātiskās metodes, arī ir vairākas un savā starpā, galvenokārt, atšķiras ar pētījuma mērķa prasībām. Atbilstoši pētījuma prasībām, lauka metodes var iedalīt divās pamat grupās – filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes piesātinājuma zonai un filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes nepiesātinājuma zonai. Pazemes ūdeņu piesātinājuma un nepiesātinājuma zonas izpētes metodes ir vairākas, to atšķirīgo pielietojumu parasti nosaka tas, kādos iežos tiek veikts pētījums.

### **2.2.1.1. Filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes piesātinājuma zonai**

Filtrācijas koeficientu pazemes ūdeņu piesātinājuma zonai ir iespējams noteikt ar dažādām metodēm un to variācijām, neskaitot matemātiskus aprēķinus pēc formulām un laboratorijas metodes, lauka apstākļos parasti izmanto traseru eksperimentus un urbumu, šurfu vai aku atsūkņēšanu.

Viena no lauka apstākļos izmantojamām metodēm ir **Traseru eksperimenti**, kur laikā filtrācijas koeficients var tikt noteikts, veicot laika intervāla mērījumus, kurā ūdenī ievadītā marķējošā viela plūst starp divām novērojumu akām vai urbumiem. Kā traseri tiek izmantotas krāsvielas, piemēram, nātrija fluorescēns vai vārāmā sāls, vai kalcija hlorīds, kas ir piemērotas, lētas, viegli konstatējamas un drošas apkārtējai videi (Todd and Mays, 2005).

Traseru metode, principā, ir vienkārša, bet rezultāti ir tikai aptuveni, jo lauka apstākļos pastāv vairāki ierobežojumi.

- Novērojuma urbumiem nepieciešams būt tuvu vienam no otra, pretējā gadījumā traseru plūšanas laika intervāls var būt pārmērīgi ilgs.
- Gadījumā, ja plūsmas virzieni jau ir zināmi, traseru eksperimentā var iztikt bez speciāla traseru ievades urbuma, to aizvietojo ar daudzfunkcionāliem monitoringa urbumiem, bet tas var sadārdzināt un sarežģīt eksperimentu.
- Ja pētāmais ūdens horizonts sastāv no vairākiem, atšķirīga materiāla slāņiem ar dažādiem filtrācijas koeficientiem, pirmie traseru eksperimenta rezultāti uzrādīs daudz lielākus filtrācijas koeficientus par horizontā kopumā esošajiem (Todd and Mays, 2005).

Viena no alternatīvajām traseru tehnikām, kura veiksmīgi tikusi pielietota lauka apstākļos, ir šķīdināšanas metode. Šajā eksperimentā trasers tiek ievadīts novērošanas akā un

vienmērīgi sajaukts ar tajā esošo ūdeni. Pēc tam, ūdenim ieplūstot un izplūstot no akas, tiek veikti atkārtoti trasera koncentrācijas mērījumi. Analizējot iegūto traseru šķīšanas līkni, iespējams noteikt gruntsūdeņu plūsmas intensitāti. Šie dati kopā ar plūsmas gradientu un Darsī likumu ļauj lokālā iecirknī noteikt grunts filtrācijas koeficientu, kā arī precizēt pazemes ūdeņu plūsmas virzienu (Todd and Mays, 2005).

Visticamākos datus par pazemes ūdens horizonta filtrācijas koeficientiem sniedz **urbumu atsūkņēšanas metode**. Metode balstīta uz ūdens līmeņu novērojumiem, netālu atsūkņētajai, esošajās akās. Šādā veidā integrētas filtrācijas koeficienta vērtības var tikt noteiktas diezgan lielam ūdens horizonta apgabalam. Ņemot vērā to, ka pazemes ūdens horizonts atrodas netraucētas struktūras gruntī, šādas metodes ticamības pakāpe ir lielāka nekā laboratorijas metodēm. (Todd and Mays, 2005)

Atkarībā no nepieciešamās filtrācijas koeficienta noteikšanas precizitātes, daļā gadījumu pietiek ar viena urbuma atsūkņēšanas datiem, bet gadījumos, kad nepieciešama augstāka precizitāte, ap centrālo urbumu, kurā notiek atsūkņēšana, krusteniski (vienā, divos, trijos vai četros) virzienos izvieto vairākus novērošanas urbumus. Šie urbumi nepieciešami, lai dažādos attālumos no centrālā urbuma atsūkņēšanas laikā fiksētu ūdens līmeņa izmaiņas. Gadījumu, kad atsūkņēšanas eksperimentā izmanto vairākus novērošanas urbumus sauc par izmēģinājuma urbumu kopu jeb mezglu (Маслов и Комов, 1971). Attālumi starp centrālo un novērošanas urbumiem var būt no 3 m līdz 100 m atkarībā no iežu ūdenscaurlaidības un ūdens spiediena (Indāns u.c., 1986).

Atsūkņējot no centrālā urbuma, ūdens līmenis tajā pazeminās. Ja atsūkņejamā ūdens daudzums laika vienībā ( $Q$ ) nemainās, ūdens horizonta biezums  $H$  un citi apstākļi ir tādi paši, tad ūdens līmeņa pazeminājums  $s$  ir atkarīgs no ieža filtrācijas koeficienta: jo mazāks filtrācijas koeficients, jo lielāku līmeņa pazeminājumu var iegūt ar zināmas jaudas sūkni (Indāns u.c., 1986).

Lai pēc iespējas precīzāk noteiktu filtrācijas koeficientu un urbuma debita atkarību no pazeminājuma, centrālā urbuma atsūkņēšanu izdara vairākkārt (parasti 3 reizes) ar dažādiem līmeņa pazeminājumiem, pie tam, pazeminājumam jābūt ne mazākam par 1m, parasti ne lielākam par 3 m, un vienam pazeminājumam jābūt maksimāli iespējamam (Indāns u.c., 1986).

Filtrācijas koeficienta aprēķināšanai izmanto speciālas formulas, ja, piemēram, atsūkņēts gruntsūdens pilndziļuma urbumā vai akā, kura sniedzas cauri visam ūdens horizontam līdz ūdensnecaurīgajam slānim, ieža filtrācijas koeficientu var aprēķināt pēc formulas

$$k = \frac{Q(\ln R - \ln r)}{(\pi(2H - s)s)}, \quad (2.1.)$$

Kur:  $Q$  – nostabilizējušās ūdens plūsmas caurtece urbumā ar pastāvīgu pazeminājumu  $s$  (m);

$H$  – ūdens horizonta biezums dabiskos apstākļos (m);

$\ln r$  – centrālā urbuma rādiusa (m), naturālais logaritms;

$\ln R$  – ietekmes rādiusa (m), naturālais logaritms (Indāns u.c., 1986).

Vēl viena piesātinājuma zonā izmantojama filtrācijas koeficientu noteikšanas metode ir **Čailda divu aku metode**, kurā tiek izmantotas divas neoderētas blakus esošas akas, kas izraktas vienādā dziļumā zem gruntsūdens līmeņa. Eksperimenta gaitā no vienas akas tiek atsūkņēts konstants daudzums ūdens un pildīts otrā akā, tādējādi vienā akā ūdens līmeni pazeminot, bet otrā paaugstinot. Kad ūdens līmenis abās akās izlīdzinās un nostabilizējas, filtrācijas koeficientu iespējams iegūt, izmantojot šādu formulu:

$$K = \frac{Q}{\pi\Delta H(L + L_f)} \operatorname{ch} \cos^{-1}\left(\frac{b}{2r}\right), \quad (2.2)$$

kur:  $Q$  – pārsūkņētā ūdens daudzums ( $\text{m}^3$ ),

$L$  – akas dziļums zem gruntsūdens līmeņa (m),

$L_f$  – korekcija, kur tiek ņemta vērā plūsma kapilārajā apmalē, aku sienās,

$b$  – attālums starp aku centriem (m),

$r$  – aku rādiusi (m),

$\Delta H$  – starpība starp ūdens līmeņiem akās (m) (Smith and Mullins, 2000).

Plūsma, kas radīta, izmantojot divu aku metodi, galvenokārt ir horizontāla, tātad iegūtās vērtības, pielietojot metodi anizotropos nogulumos, vairāk vai mazāk attēlos filtrācijas koeficienta horizontālo komponenti (Smith and Mullins, 2000).

### 2.2.1.2. Filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes nepiesātinājuma zonai

Nereti ir gadījumi, kad filtrācijas koeficientu ir nepieciešams noteikt nogulumiem, kas atrodas augstāk par gruntsūdens līmeni. Šādā situācijā noteikt filtrācijas koeficientu ar atsūkņēšanas vai kādu citu piesātinājuma zonas izpētes metodi nav iespējams un nākas izmantot brīvo ūdens iepildīšanas metodi akās un šurfos vai iesūkņēšanas metodi urbumos (Маслов и Комов, 1971).

Nepiesātinājuma zonas filtrācijas īpašību noteikšanas metodes izvēli, atšķirībā no piesātinājuma zonas izpētes, galvenokārt nosaka nogulumi, kādos tiks veikts pētījums.

**Šurfu un aku papildināšanas metodē**, iepildot ūdeni šurfos vai akās, filtrācijas koeficientu nosaka aerācijas zonas nogulumiem. Nogulumiem, kam ir laba ūdenscaurlaidība



(smiltis, grants, oļi, plaisaini ieži u.c.) un kapilaritāte ir tik niecīga, ka to var neņemt vērā, lieto A. Boldireva metodi. Izraktā šurfa dibenā izveido 0,5 m diametra 0,15...0,20 m dziļu cilindrisku padziļinājumu, kurā ieber 2 cm biezu grants slāni, sienas nostiprina ar metāla vai plastmasas gredzenu un tad lej ūdeni, uzturot 10 cm biezu ūdens slāni. Šo ūdens līmeni mēģinājuma laikā uztur, pakāpeniski pielejot ūdeni, kamēr sasniegta pastāvīga ūdens caurtece  $Q$ , t.i., nostabilizējies ūdens daudzums, kas nepieciešams pastāvīga līmeņa uzturēšanai šurfā. Ūdens līmeņa stāvokli kontrolē ar mērlatiņu. Filtrācijas koeficientu  $k$  aprēķina pēc formulas

$$k = \frac{Q_{st}}{F}, \quad (2.3.)$$

kur:  $Q_{st}$  – nostabilizējies ūdens caurtece;

$F$  – šurfa padziļinājuma dibena laukums, pieņemot, ka hidrauliskais gradients, aptuveni, ir 1 ( $I = 1$ ).

Jāatzīmē, ka pēc A. Boldireva metodes noteiktie filtrācijas koeficienti nav sevišķi precīzi un ir atkarīgi no šurfa šķērsriezuma laukuma un filtrācijas ilguma (Indāns u.c., 1986).

Līdzīga A. Boldireva metodei ir N. Ņesterova un G. Kamenska metodes, kas atšķiras tikai ar pētbedres lielumiem un iekārtojumu (Maldavs, 1964).

Pēc N. Ņesterova metodes pētbedres dibenā ievieto divus koncentriskus gredzenus, vienu iekš otra (ar 25 un 50 cm diametru). Šo gredzenu norobežotajās telpās iepilda vienādā augstumā ūdeni. Ar šādu pētbedres iekārtojumu izslēdz sānu plūsmas ietekmi uz mēģinājumu rezultātu, jo aprēķinus izdara pēc ūdens daudzuma, kāds iztek caur iekšējā gredzena šķērslaukumu (Maldavs, 1964).

Filtrācijas koeficientu  $k$  šai metodei aprēķina pēc formulas:

$$k = \frac{Qh}{S(h_k + l + h)} \text{ (cm/min)}, \quad (2.4.)$$

kur:  $Q$  – stabila ūdens caurtece ( $\text{cm}^3/\text{min}$ );

$S$  – iekšējā gredzena šķērslaukums ( $\text{cm}^2$ );

$h$  – ūdens slāņa biezums iekšējā gredzenā (cm);

$H_k$  – dotās sausās grunts ūdens kapilārās pacelšanās augstums (cm);

$l$  – dziļums, kādā mēģinājuma laikā infiltrējies ūdens (cm).

Ja mērījumus izdara smilts nogulumos, kur kapilārajiem spēkiem mazāka ietekme, pēdējos trīs lielumus var neievērot (Maldavs, 1964).

Boldireva un Ņesterova metodes lietojamas filtrācijas koeficienta noteikšanai samērā viendabīgos nogulumos un vietās, kur gruntsūdens līmenis ir vismaz 3 m zem pētbedres pamata (Maldavs, 1964).

### 2.2.2. Matemātisko aprēķinu metode

Filtrācijas koeficientu var aprēķināt, noteikt laboratorijā vai ar lauka izmēģinājuma metodēm. Visvienkāršāk filtrācijas koeficientu var aprēķināt pēc attiecīgiem empīriskiem vienādojumiem, izmantojot datus par ieža granulometrisko sastāvu un porainību.

Daudzi zinātnieki ir pētījuši attiecības starp ūdens caurlaidību, filtrācijas koeficientu un grunts porainās vides īpašībām. Daudzu formulu rezultāti ir bāzēti uz analītisku vai eksperimentālu darbu. Lielākoties caurlaidības formulām ir vispārīga forma

$$k = f_s f_a d^2 \quad (2.5.)$$

kur:  $k$  – filtrācijas koeficients (m/dnn);

$f_s$  - grunts daļiņu (vai poru) formas faktors,

$f_a$  - porainības faktors,

$d$  - daļiņu diametru raksturojošs lielums (Todd and Mays, 2005).

Viena no pazīstamākajām un visplašāk lietotajām filtrācijas koeficienta aprēķina formulām ir Hāzena formula, ko izmanto  $k$  aprēķināšanai labi šķirotam materiālam (Aysen, 2006). Filtrācijas koeficientu ar Hāzena formulu iespējams izteikt šādi:

$$k = c d_{10}^{0,7+0,03t}, \quad (2.6.)$$

kur:  $k$  – filtrācijas koeficients (m/dnn);

$c$  – empīrisks koeficients, kas mainās no 400 (mālainā smiltī) līdz 1200 (tīrā smiltī) atkarībā no ieža granulometriskā sastāva (jo lielāki daļiņu izmēri, jo lielāks koeficients);

$d_{10}$  – smilts efektīvais diametrs (mm), t.i., tādu ieža daļiņu diametrs, par kurām mazāku daļiņu ir 10% no kopējās ieža masas (%);

$t$  – ūdens temperatūra (°C);

$(0,7+0,03t)$  – temperatūras korektūra (Maldavs, 1964)

Šī formula lietojama, nosakot filtrācijas koeficientu samērā viendabīgām smiltīm (efektīvais diametrs – 0,1...3 mm) (Indāns, u.c., 1986), un ar nevienmērības koeficientu no 1 līdz 5 (Maldavs, 1964).

Dažas formulas sniedz ticamus rezultātu aprēķinus, jo to sarežģītība ļauj iekļaut visas iespējamās porainās vides variācijas. Ideāla vidē, piemēram, sfērisku, vienāda diamerta daļiņu kopā, filtrācijas koeficients var tikt precīzi izteikts skaitļos, zinot porainību un

blīvuma pakāpi (Todd and Mays, 2005). Bet izmantojot empīriskās formulas, jāievēro, ka tās dod aptuvenus rezultātus un ka to pielietošanai ir zināmas robežas (Maldavs, 1964).

Pēc empīriskajām formulām var ātri un ar mazu līdzekļu patēriņu iegūt orientējošus datus par iežu filtrācijas koeficientiem (Maldavs, 1964). Tomēr, balstoties uz matemātiskajām formulām piemītošajām nepilnībām un ar tām saistītajām problēmām, lielāka priekšroka tiek dota citām filtrācijas koeficienta noteikšanas metodēm (Todd and Mays, 2005).

### 2.2.3. Filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes laboratorijas apstākļos

Filtrācijas koeficienta noteikšanai laboratorijas apstākļos lieto dažādu aparatūru un metodes, taču visu šo metožu būtība ir vienāda. Cilindriskā traukā ievieto pētāmā nogulumieža paraugu un pievada tam ūdeni. Sakarā ar spiedienu starpību cilindra galos, notiek ūdens filtrācija caur iezi. Izmērot filtrācijas ūdens daudzumu  $Q$ , hidraulisko gradientu  $I$  un filtrācijas laiku  $t$ , kā arī, zinot parauga šķērsriezuma laukumu  $F$ , var aprēķināt filtrācijas koeficientu  $k$  pēc Darsī formulas (Indāns u.c., 1986).

Būtībā lielākā daļa laboratorijas eksperimentu, kuros filtrācijas koeficienta noteikšanai izmanto laboratorijas filtrācijas iekārtas, tiešā veidā atkārto Darsī oriģinālos eksperimentus. Tiek izmantoti tādi paši smilšaino nogulumu apstrādes principi – ūdens nepiesātināts materiāls tiek piesātināts ar ūdeni, nodrošinot ūdens filtrāciju caur iezi. Balstoties uz šo principu, laboratorijas metode pieskaitāma piesātinājuma zonas izpētes metožu grupai (Smith and Mullins, 2000).

Balstoties uz literatūras studiju laikā iegūto informāciju par filtrācijas koeficienta noteikšanas metodēm un izvirzīto darba mērķi, par darbā izmantojamo filtrācijas koeficienta noteikšanas metodi tika izvēlēta laboratorijas apstākļos veicamā filtrācijas iekārtas metode. Laboratorijas metode tika izvēlēta, jo salīdzinājumā ar vairumu lauka metožu, laboratorijas metode dod iespēju noteikt filtrācijas koeficientu konkrētam materiālam, kas ir ļoti būtiski, ja tiek meklētas sakarības starp nogulumu granulometriko sastāvu un filtrācijas koeficientu. Bet salīdzinājumā ar matemātisko aprēķinu metodi, laboratorijas filtrācijas iekārtā iegūtie lielumi ir precīzāki, jo attēlo reālo ieža spēju filtrēt ūdeni.

### 2.3. Lauka darbi

Darba izstādei nepieciešamie lauka darbi jeb filtrācijas koeficientu un granulometriskā sastāva analīžu paraugu noņemšana tika veikta trīs dažādās smilts – grants atradnēs, proti, smilts – grants atradnēs „Mazie Kangari” VI laukums, „Ezeri” un ”Pāvuli”, un vienā mālu atradnē, Ānes mālu atradnē „Progress”. Šīs atradnes darba izstrādei tika izvēlētas, lai pētījumā izmantojamie smilšainie nogulumi, normas robežās, būtu pēc iespējas dažādāka rupjuma, tādejādi ļaujot labāk izprast sakarības starp nogulumu filtrācijas koeficientiem un granulometrisko sastāvu.

Lauka darbi periodiski, uz maiņām ar laboratorijas darbiem, veikti no 27. 06. 2009. līdz 21. 11. 2009. Dažas atradnes tika apmeklētas atkārtoti, jo filtrācijas iekārtas gredzeni, kuros paraugi tiek ņemti, ir ierobežotā daudzumā.

Visās darbā izmantotajās smilts – grants atradnēs lauka darbi tika veikti pēc vienādas metodijas un ir iedalāmi vairākos etapos. Pirmais, kas tika darīts paraugošanas vietā, bija attiecīgās atradnes apsekošana un paraugošanas atseguma vietu izvēlēšanās. Visās smilts – grants atradnēs tika izveidoti vairāki paraugošanas atsegumi. Vienīgi mālu atradnē „Progress” tika attīrīts viens atsegums. Paraugošanas vietu koordinātes fiksētas, izmantojot LU ĢZZF WMS sistēmā pieejamās LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto kartes. Pēc atseguma attīrīšanas, tas tika uzņēmēts un uzzīmēts lauka grāmatiņā, kā arī izdarīti vairāki atseguma fotouzņēmumi. Atseguma dokumentēšanas laikā tika novērtēts arī atsegtais materiāls un izvērtēts, no kura slāņa tiks ņemti paraugi tālāko analīžu veikšanai. No katra paraugojamā slāņa vidēji tika noņemti 4 paraugi – 2 perpendikulāri un 2 paralēli attiecībā pret slāņa virsmu. Kopumā uz lauka tika noņemti četri netraucētas struktūras paraugi filtrācijas iekārtas filtrācijas gredzenos, tos iespiežot nogulumu slānī un pēc tam noņemts viens traucētas struktūras paraugs paraugotā slāņa granulometriskai analīzei, materiālu pildot maisiņos.

Vēlāk kamerālajos darbos sastādītie paraugošanas vietu griezumī, veidoti balstoties uz tajos atsegtā materiāla novērtējumu lauka darbu laikā.

Pirmie lauka darbi tika veikti smilts – grants atradnē „Mazie Kangari” VI laukumā, kas atrodas Rīgas rajona Allažu pagastā, aptuveni 0,7 km uz ziemeļiem no autoceļa Garkalne – Mālpils un 0,35 km uz dienvidaustrumiem no mājām „Kalniņi”.

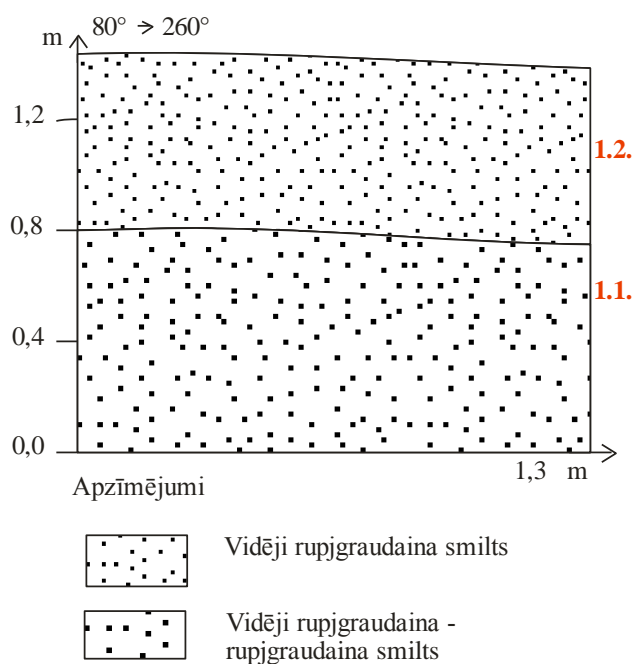
Smilts – grants atradnē „Mazie Kangari” tika attīrīti trīs atsegumi (2.1. attēls) un kopumā noņemti 24 netraucētas struktūras paraugi no sešiem nogulumu slāņiem. Pēc paraugu apstrādes filtrācijas iekārtā derīgs bija 21 paraugs, pārējie 3 uzrādīja pārāk augstus filtrācijas koeficientus, kā rezultātā atzīti par nederīgiem un netika ņemti vērā.



**2.1. attēls. Paraugošanas vietu izvietojums smilts – grants atradnē “Mazie Kangari”**  
(ORTOFOTO3, 2009.)

Pirmais paraugošanas atsegums izveidots atradnes dienvidu - austrumu sienā (2.2. attēls), 1,40 m augsts un 1,30 m plats un tajā noņemti paraugi abos atsegtajos slāņos. Paraugošanas vietas koordinātes x–547506,6; y–6321906,2.

Griezuma apakšējo daļu, pirmo slāni, viedo gaiši brūngani pelēcīga vidēji rupjgraudaina – rupjgraudaina smilts. Slānis atsegts 80 cm biezumā. Griezuma augšējo daļu jeb otro slāni viedo vidēji tumši brūni dzeltenīga vidēji rupjgraudaina smilts. Slāņa biezums praktiski nemainīgs – 60 cm.

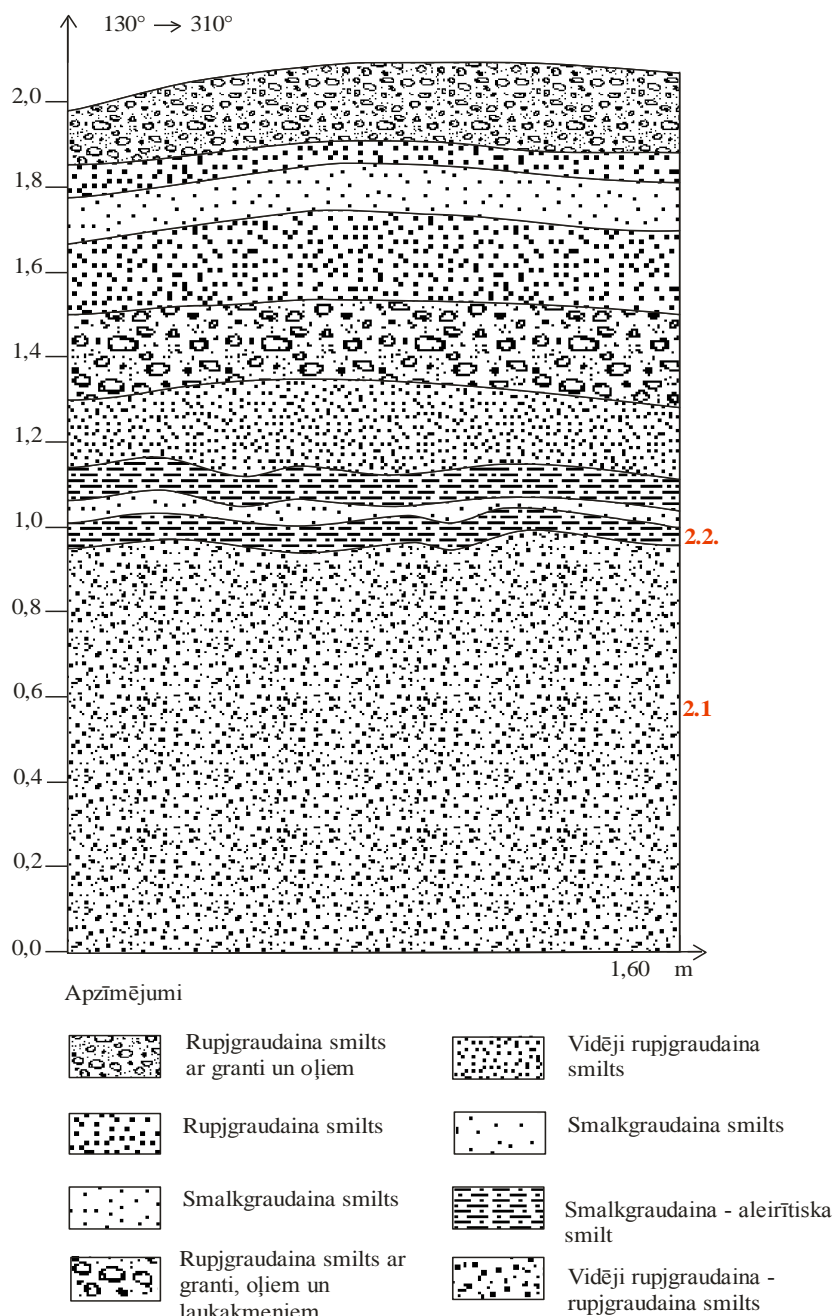


1.2. Paraugotā slāņa nummurs

2.2. attēls. Pirmais paraugošanas atsegums smiltis – grants atradnē „Mazie Kangari”  
(izstrādājusi autore)

Otrais paraugošanas vietas atsegums (2.3. attēls) izveidots karjera ziemeļu – austrumu sienā un tas izveidots 2,20 m augsts un 1,60 m plats. Šajā atsegumā noņemti paraugi no diviem slāņiem, attiecīgi, 1. un 2. slāņa (2.3. attēls). Atseguma koordinātes  $x=547502,7$ ;  $y=6321930,1$ .

Griezuma apakšējo daļu, pirmo slāni veido pelēka, pelēki dzeltenbrūna, vidēji rupjgraudaina smiltis, kas neizteikta, reta slīpslāņojuma viedā mijas ar nedaudz smalkāku materiālu. Slānis griezumā atsegts 95 cm biezumā. Augstāk atrodas divi gaiši pelēcīgi brūni aleirītisku - smalkgraudainu smilšu slāņi ar biezumu, attiecīgi, 7 un 5 cm. Zemāk esošajam aleirītiskās – smalkgraudainās smiltis slānim, vietām neizteiktas slāņa robežas. Starp abiem aleirītiskās smiltis slāņiem atrodas, aptuveni 5 cm biezs gaiši brūns smalkgraudainas smiltis slānis. Piekto slāni griezumā veido 20 cm biezs, gaiši pelēcīgi dzeltenīgs, vidēji rupjgraudainas smiltis slānis. Sestais slānis - brūni oranžas, rupjgraudainas smiltis – grants slānis ar oļiem un laukakmeņiem ar vidējo slāņa biezumu 20 cm. Septītais slānis – pelēcīgi dzeltenas, rupjgraudainas smiltis slānis ar vidējo biezumu 20 cm. Materiāls slānī, pamatā, ir viendabīgs, taču ar tendenci apakšējā daļā palikt rupjākam. Astotais slānis - 5 cm biezs gaiši pelēcīgi brūnidzeltens smalkgraudainas smiltis slānis. Devītais slānis – viendabīgs, pelēki dzeltenīgs, rupjgraudainas smiltis, slāņa vidējais biezums 7 cm. Griezuma augšējo daļu veido desmitais slānis, kas sastāv no pelēki dzeltenīgas, rupjgraudainas smiltis ar grants graudiem un oļiem. Slāņa biezums 15 cm.

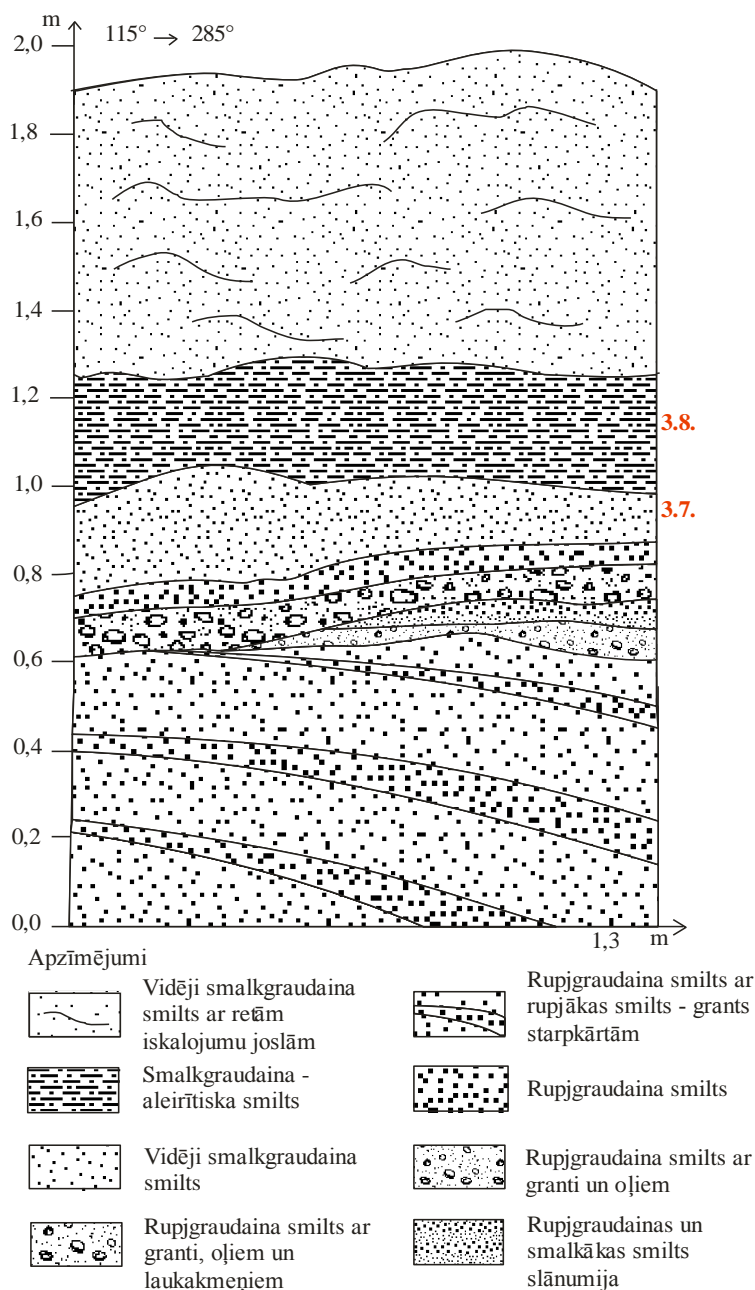


2.1. Paraugotā slāņa nummurs

### 2.3. attēls. Otrais paraugošanas atsegums smilts – grants atradnē „Mazie Kangari”

(izstrādājusi autore)

Trešais paraugošanas vietas atsegums „Mazajos Kangaros” arī izveidots karjera ziemeļu - austrumu sienā. Atsegums izveidots 1,9 m augsts un 1,3 m plats un tajā noņemti paraugi no 2 slāņiem (2.4. attēls). Paraugošanas vietas koordinātes x–547486,5; y–6321931,8.



#### 2.4. attēls. Trešais Paraugošanas atsegums smilts – grants atradnē „Mazie Kangari”

(izstrādājusi autore)

Pirmais slānis, pašā griezumā apakšā, atsegta 60 cm bieza pelēcīgi brūna, rupjgraudainas smilts un rupjākas smilts – grants slāņumija, kurā slānīši mijas ar 5 – 10 cm intervālu. Slānī novērojams arī slīpslāņojums ar slāņu kritumu ZR virzienā. Otrais slānis griezumā pelēkbrūna, rupjgraudaina smilts ar grants graudiem un oļiem, ar vidējo biezumu 7 cm. Slānis griezumā nav izturēts. Trešais slānis ir ar 5 cm biezu, rupjgraudainas un smalkākas smilts slāņumiju pelēcīgi brūnā krāsā. Līdzīgi, kā pagulošais slānis arī šis griezumā nav izturēts. Ceturtais slānis – 10 cm biezs, tumši brūni – pelēkas krāsas rupjgraudainas smilts slānis ar grants graudiem, oļiem un laukakmeņiem. Augstāk atrodas piektais slānis, kuru veido tumši brūna, rupjgraudaina smilts, pēc taustes, liekas, nedaudz



mālaina. Slāņa vidējais biezums 5 cm. Sestais slānis ir gaiši pelēcīgi brūna, vidēji smalkgraudaina smilts ar slāņa vidējo biezumu 18 cm. Septīto slāni, no kura tika ņemti paraugi, veido, aptuveni, 25 cm biezs, pelēcīgi brūnas krāsas aleirītiskas - smalkgraudainas smilts slānis. Slānī ļoti minimāli novērojamas dzelzs savienojumu ieskalošanās virsmas. Greizuma augšējo daļu jeb astoto slāni veido 68 cm biezs, dzeltenīgi brūnas, vidēji smalkgraudainas smilts slānis, kuru sedz 2 cm bieza augsnes kārtiņa. Slānī novērojamas augsnes horizontiem raksturīgās dzelzs savienojumu ieskalošanas virsmas.

Otrā smilts – grants atrane, kurā tika veikti lauka darbi un ņemti paraugi bija smilts – grants atradne „Ezeri” (2.5. attēls), kas atrodas Rīgas rajona Daugmales pagastā, 3 km uz dienvidaustrumiem no Daugmales un 0,5 km uz dienvidiem no Ezeru mājām. Atradne atrodas blakus valsts 2. šķiras autoceļam Iecava – Daugmale.



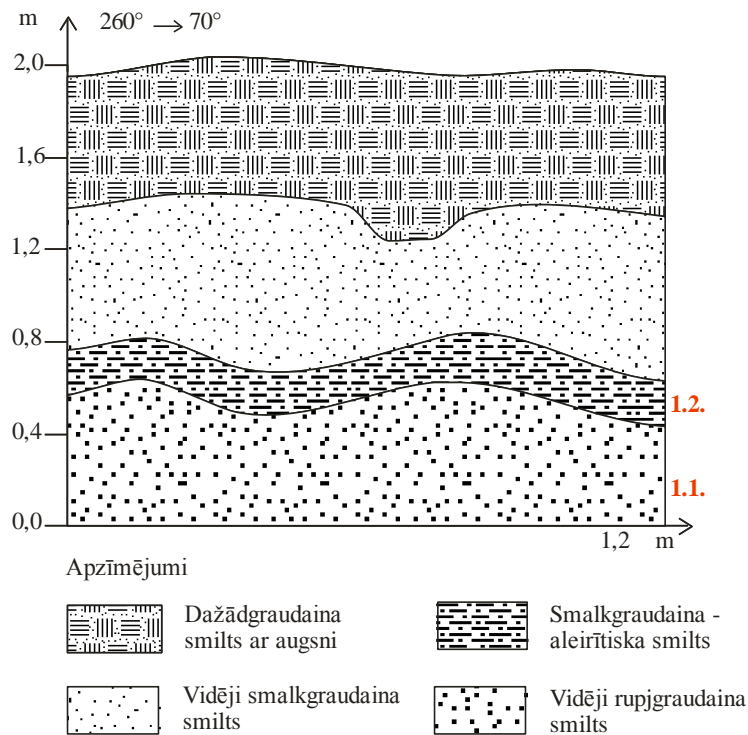
Apzīmējumi

● 1 Paraugošanas vietas nummurs

**2.5. attēls. Paraugošanas vietu izvietojums smilts – grants atradnē „Ezeri”**  
(ORTOFOTO3, 2009.)

„Ezeru” smilts – grants atradnē izveidoti trīs paraugošanas vietu atsegumi un kopumā tajos noņemti 16 paraugi filtrācijas koeficientu noteikšanai, no kuriem datu analīzei izmantoti 14 paraugi un 12 paraugi dabisko struktūru blīvumu noteikšanai.

Pirmais paraugošanas vietas atsegums (2.6. attēls) izveidots atradnes ziemeļu sienā, 1,95 m augsts un 1,20 m plats. Šajā paraugošanas vietā paraugi ņemti no 1. un 2. slāņa. Atseguma koordinātes ir x–527079,2; y–6294090,5.

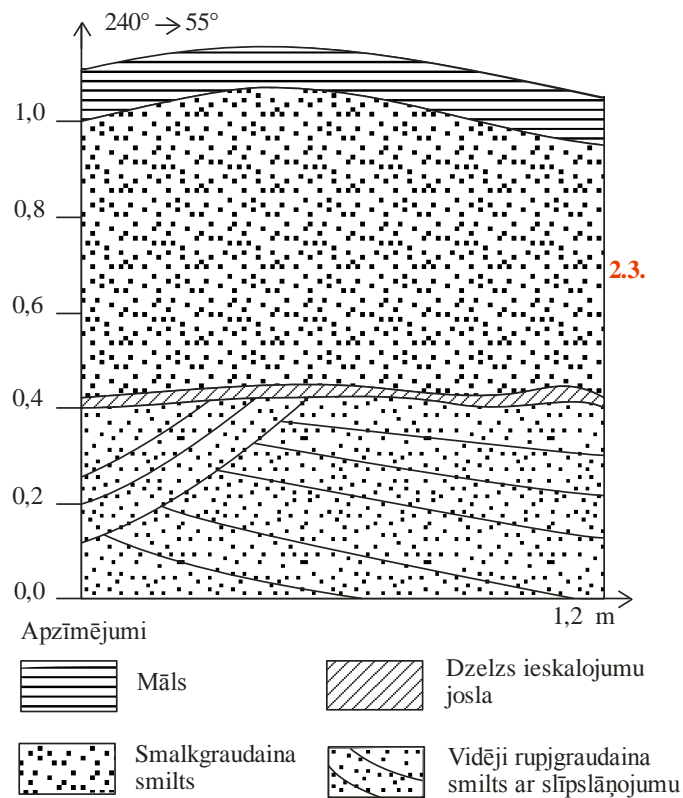


1.1. Paraugotā slāņa nummurs

2.6. attēls. Pirmais paraugošanas atsegums smilts – grants atradnē „Ezeri” (Izstrādājusi autore)

Griezuma apakšējo daļu jeb pirmo slāni veido 55 – 60 cm biezs, gaiši brūngani pelēcīgs vidēji rupjgraudainas smilts slānis. Otrais slānis – gaiši brūni bēšīga aleirītiska – smalkgraudaina smilts ar vidējo slāņa biezumu 20 cm. Trešais slānis - gaiši brūna, vidēji smalkgraudaina smilts. Slāņa vidējais biezums 60 cm. Griezuma augšējo daļu, ceturto slāni veido 60 cm biezs augsnes un gaiši – tumši brūnas dažādgraudainas smilts slānis ar dzelzs savienojumu ieskalojumiem.

Otrs paraugošanas atsegums (2.7. attēls) „Ezeros” izveidots atradnes dienvidu sienā, tas izveidots 1,10 m augsts un 1,20 m plats, un tajā noņemti paraugi no trešā slāņa. Paraugošanas vietas koordinātes ir x–527103,4; y–6294094,4.

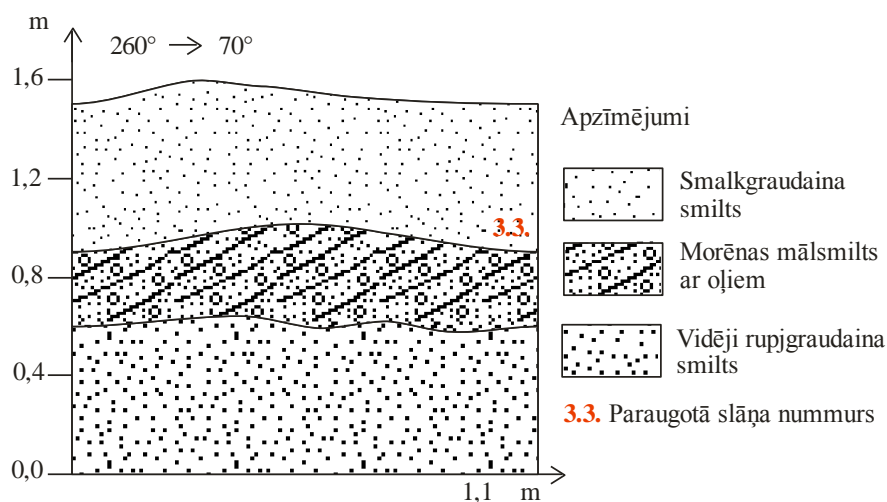


2.3. Paraugotā slāņa nummurs

2.7. attēls. Otrais paraugošanas atsegums smiltis – grants atradnē „Ezeri” (izstrādājusi auore)

Griezuma apakšējo daļu, pirmo slāni, viedo tumši brūnipelēkas krāsas vidēji rupjgraudainas smiltis slānis, kurā novērojams slīpslāņojums. Slīpslāņojuma slānīšu sērijas mijas ar 10 – 15 cm intervāliem. Slānis atsegts 40 cm biezumā. Otrais slānis ir 3 – 4 cm bieza dzelzs savienojumu ieskalojumu josla tumši oranži brūnganā krāsā. Ieskalojumu josla izviedojusies vidēji rupjgraudainas smiltis slānī. Trešais slānis – 60 cm biezs gaiši brūni pelēcīgas smalkgraudainas, viendabīgas smiltis slānis. Griezuma augšējo daļu, ceturto slāni, viedo 10 cm biezs tumši brūna, trekna māla slānis.

Trešais paraugošanas atsegums (2.8. attēls) smiltis – grants atradnē „Ezeri” izveidots karjera ziemeļu sienā un ir 1,60 m augsts un 1,10 m plats. Šajā atsegumā paraugi ņemti no trešā slāņa. Paraugošanas vietas koordinātes x–527057,2; y–6394102,8.



2.8. attēls. Trešais paraugošanas atsegums smilts – grants atradnē „Ezeri” (Izstrādājusi autore)

Griezuma apakšējo daļu, pirmo slāni, viedo 60 cm biezs, gaiši brūni pelēks, vidēji rupjgraudainas smilts slānis ar neizteiktu slīpslāņojumu. Otrais slānis – 35 cm biezs, ļoti blīvs, tumši brūns morēnas mālsmilts slānis ar atsevišķiem oļu ieslēgumiem. Griezuma augšējo daļu, trešo slāni, veido oranžīgi dzeltenas, smalkgraudainas smilts slānis ar vidējo biežumu 60 cm. Slāņa augšdaļu vietām sedz līdz 1 cm bieza augsnes kārtā.

Trešais lauka darbu posms tika veikts mālu atradnē „Progress” (2.9. attēls), kas administratīvi atrodas Jelgavas rajona Ozolnieku novada Cenu pagasta Ānē. Mālu atradne atrodas 60 kilometrus uz Austrumiem no Jelgavas pilsētas, un uz Ziemeļaustrumiem no autoceļa Jelgava – Bauska, 5 un 7 km uz Dienvidiem no dzelzsceļa stacijām Jelgava 2 un Jelgava 1.

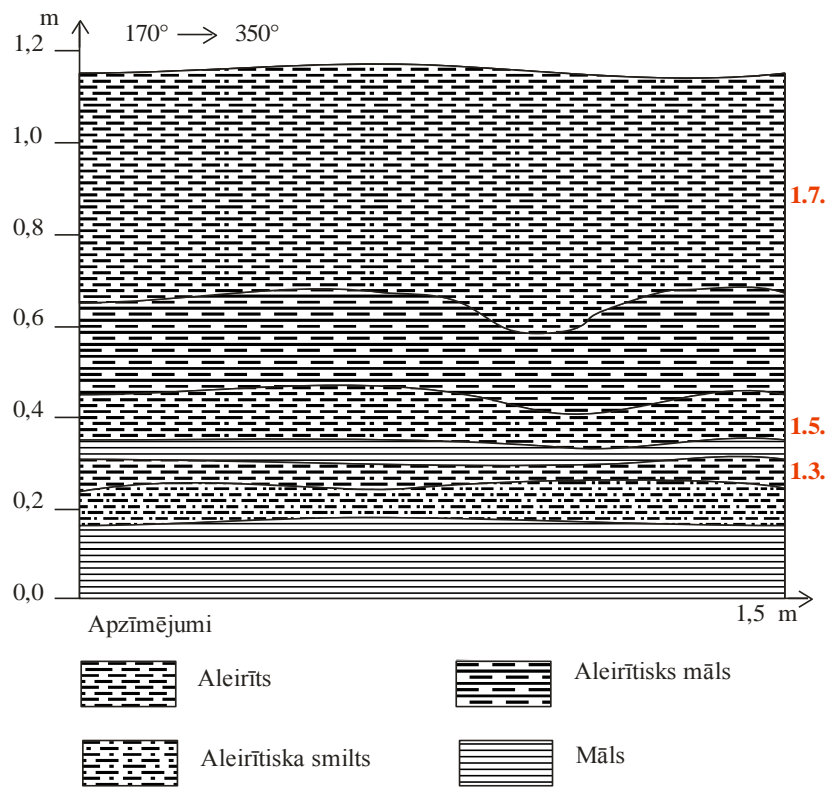
Ānes mālu atradnē izveidots viens paraugošanas atsegums (2.10. attēls), 1,15 m augsts un 1,5 m plats. Paraugošanas vietā kopumā noņemti 12 paraugi no trīs nogulumu slāņiem, bet apstrādājot paraugus par derīgirm tika atzīti tikai 9 paraugi. Paraugošanas vietas koordinātes – x–490161,8; y–627849,9.



Apzīmējumi

● 1 Paraugošanas vietas nummurs

2.9. attēls. Paraugošanas vietas atrašanās Ānes mālu atradnē „Progress” (ORTOFOTO3, 2009.)



1.3. Paraugotā slāņa nummurs

2.10. attēls. Paraugošanas atsegums mālu atradnē “Progress” (Isztrādājusi autore)

Griezuma apakšējo daļu, pirmo slāni, veido tumši brūns, viendabīgs māls. Slānis girezumā atsegts 16 cm biezumā. Otrais slānis – 5 cm biezs, ļoti gaiši brūnas, smalkas, aleirītiskas smilts slānis. Augstāk atrodas trešais slānis - gaiši brūns aleirīts ar vidējo slāņa biezumu 8 cm. Ceturtais slānis – 3 līdz 4 cm biezs, tumši brūna māla slānis. Piektais slānis ir 5 – 10 cm biezs gaiši brūna aleirīta slānis. Sesto slāni veido - 20 cm biezs, tumši brūna un ļoti blīva aleirītiska māla slānis. Griezuma augšējo daļu, septīto slāni, veido ļoti gaiši brūns aleirīts ar slāņa biezumu 50 cm.

Pedējais lauka darbu posms tika veikts smilts – grants atradnē „Pāvuli” (2.11. attēls). Smilts – grants atradne „Pāvuli” atrodas Cēsu rajonā, Raunas novadā, Raunas pagastā, 3 km uz rietumiem no Raunas pilsētas centra, abās autoceļa Rauna – Cēsis pusēs un 6 km attālumā no maģistrālā autoceļa Rīga – Pleskava. Fizioģeogrāfiski „Pāvulu” atradne novietota Vidzemes augstienes ziemeļu un Mežoles pauguraines ziemeļu – rietumu pusē.

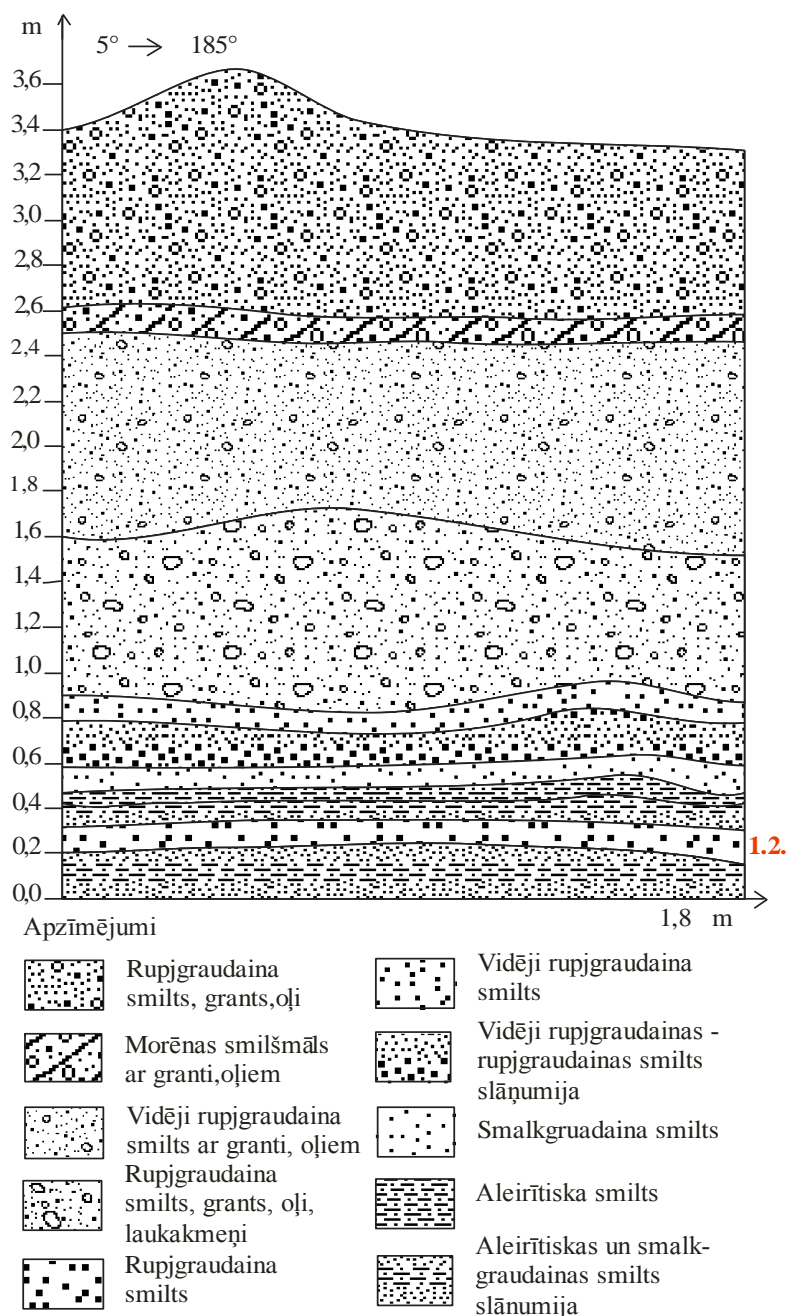


2.11. attēls. Paraugošanas vietu izvietojums smilts – grants atradnē „Pāvuli”  
(ORTOFOTO, 2009.)

Smilts – grants atradnē „Pāvuli” izveidoti trīs paraugošanas atsegumi un kopumā noņemti 16 paraugi filtrācijas koeficientu noskaidrošanai, no kuriem datu analīzē izmantoti 14 paraugi un 12 paraugi – dabisko struktūru blīvumu noteikšanai. Divi paraugošanas

atsegumi izveidoti atradnes teritorijā, kas atrodas zemes ceļa Rauna – Cēsis D pusē, bet trešais paraugošanas atsegums izveidots atradnes teritorijā, kas atrodas autoceļa Z pusē.

Pirmais paraugošanas atsegums (2.12. attēls) tika izveidots karjera austrumu sienā. Atsegums izveidots 3,50 m augsts un 1,8 m plats un tajā noņemti paraugi no 2. nogulumu slāņa. Paraugošanas vietas koordinātes x–594482,9; y–6355173,9;



1.2. Paraugotā slāņa nummurs

2.12. attēls. Pirmais paraugošanas atsegums smilts – grants atradnē „Pāvuli”

(izstrādājusi autore)

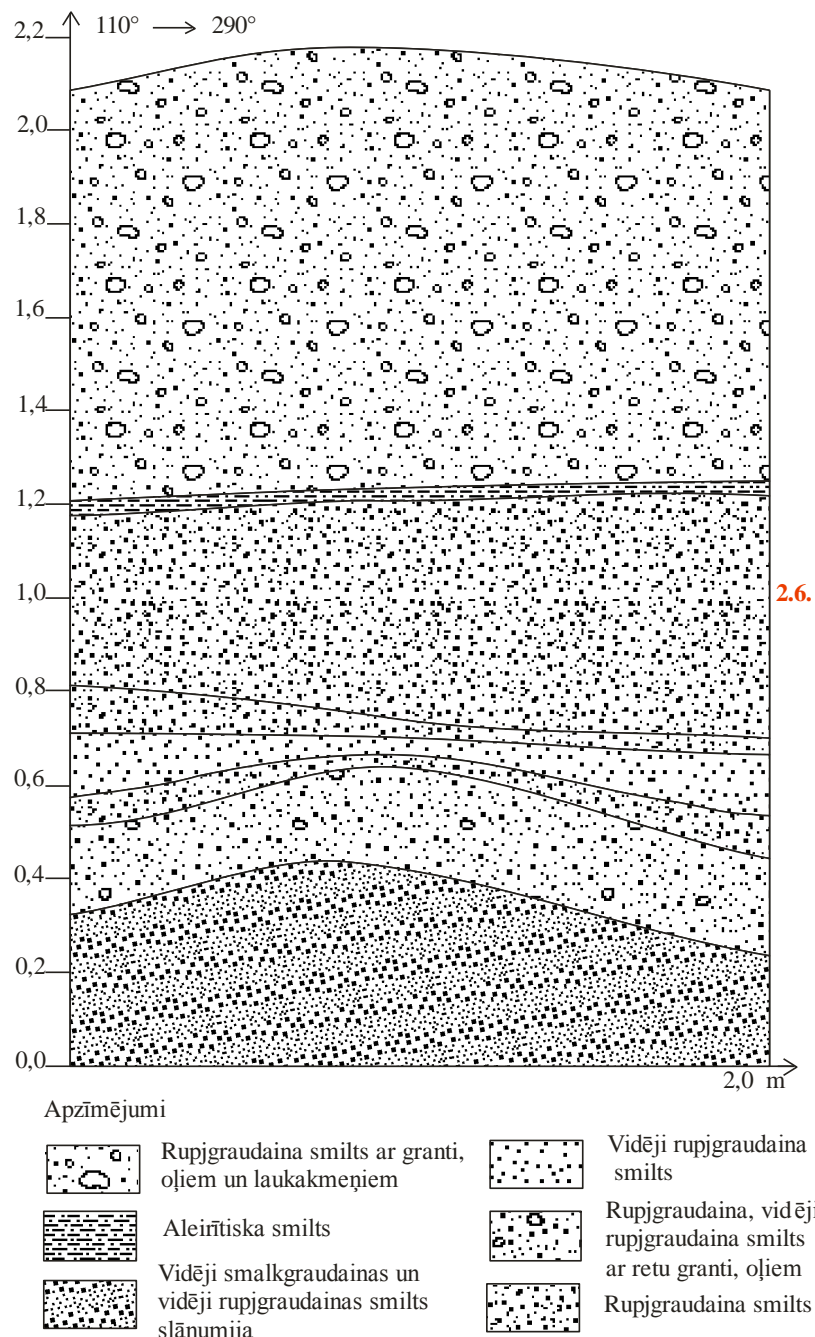
Greizuma apakšējo daļu, pirmo slāni, veido gaiši brūni dzeltenīgi pelēks, smalkgraudainas – aleirītiskas smilts slānis, kas atsegts 20 cm biezumā. Griezuma 2. slāni

viedo gaiši pelēkas, rupjgraudainas smilts slānis ar biezumu 12 cm. Trešo slāni veido horizontāla, sīka, gaiši brūni pelēkas aleirītiskas un smalkgraudainas smilts slāņumija ar kopējo biezumu 10 cm. Ceturtais slānis – 7 cm biezs, gaiši brūni pelēks aleirītiskas smilts slānis. Piektais slānis griezumā veidots no gaiši dzeltenīgi brūnas smalkgraudainas, viendabīgas smilts. Slāņa biezums 10 cm. Sestais slānis – 15 cm biezs, gaiši brūni pelēcīgs smilts slānis, kurā novērojama sīka, vidēji rupjgraudainas un rupjgraudainas smilts slāņumija. Septītais slānis – 5 cm biezs, gaiši brūnas, vidēji rupjgraudainas smilts slānis. Astotais slānis – gaiši oranžīga, rupjgraudaina smilts ar grants graudiem, oļiem un laukakmeņiem. Slāņa apakšējā daļā neilēlā kārtiņā koncentrējušās dzelzs savienojumu konkrēcijas oranžā krāsā. Slāņa vidējais biezums 75 cm. Devītais slānis – 90 cm biezs, gaiši dzeltenīgi brūnas, vidēji rupjgraudainas smilts slānis ar atsevišķiem oļiem. Desmitais slānis – tumši brūns, blīvs morēnas smilšmāls ar grants un oļu ieslēgumiem. Slāņa biezums 10 cm. Griezuma augšējo daļu, 11. slāni, viedo 70 cm gaiši brūni pelēkas krāsas rupjgraudaina smilts ar granti un oļiem.

Orts paraugošanas atsegums (2.13. attēls) izveidots atradnes dienvidu sienā, 2,10 m augsts un 2 m plats, un tajā noņemti paraugi no 6. slāņa. Paraugošanas vietas koordinātes – x–594579,9; y–6355144,6.

Griezuma apakšējo daļu, pirmo slāni, veido gaiši brūnu un gaiši pelēcīgu, vidēji smalkgraudainu un vidēji rupjgraudainu smilšu slīpa slāņumija, ar kritumu austrumu virzienā. Otrais slānis - vidots no gaiši brūni pelēcīgas, vidēji rupjgraudainas – rupjgraudainas smilts ar retiem grants un oļu graudiem slāņa vidusdaļā. Slāņa biezums 20 cm. Trešais slānis - tumši pelēkas rupjgraudainas smilts. Slāņa biezums ir niecīgs – griezuma malās biezums ir lielāks nekā griezuma vidusdaļā, attiecīgi, mainoties no 7 līdz 2 cm. Ceturtais slānis – gaiši pelēcīgi brūnas krāsas, vidēji rupjgraudainas smilts slānis ar mainīgu biezumu no 15 cm griezuma malās līdz 5 cm griezumam vidusdaļā. Piektais slānis – tumši pelēka, neviendabīga, rupjgraudaina smilts ar biezumu 5 – 10 cm. Sestais slānis – gaiši pelēka, viendabīga, rupjgraudaina smilts. Slāņa biezums atsegumā palielinās virzienā uz rietumiem, sasniedzot 50 cm biezumu. Septītais slānis – gaiši brūna, aleirītiska smilts ar slāņa biezumu 3 cm. Griezuma augšējo daļu, jeb astoto atseguma slāni veido gaiši brūni dzeltenīgas rupjgraudainas smiltis ar granti, oļiem un retiem laukakmeņiem. Slāņa vidējais biezums 90 cm.

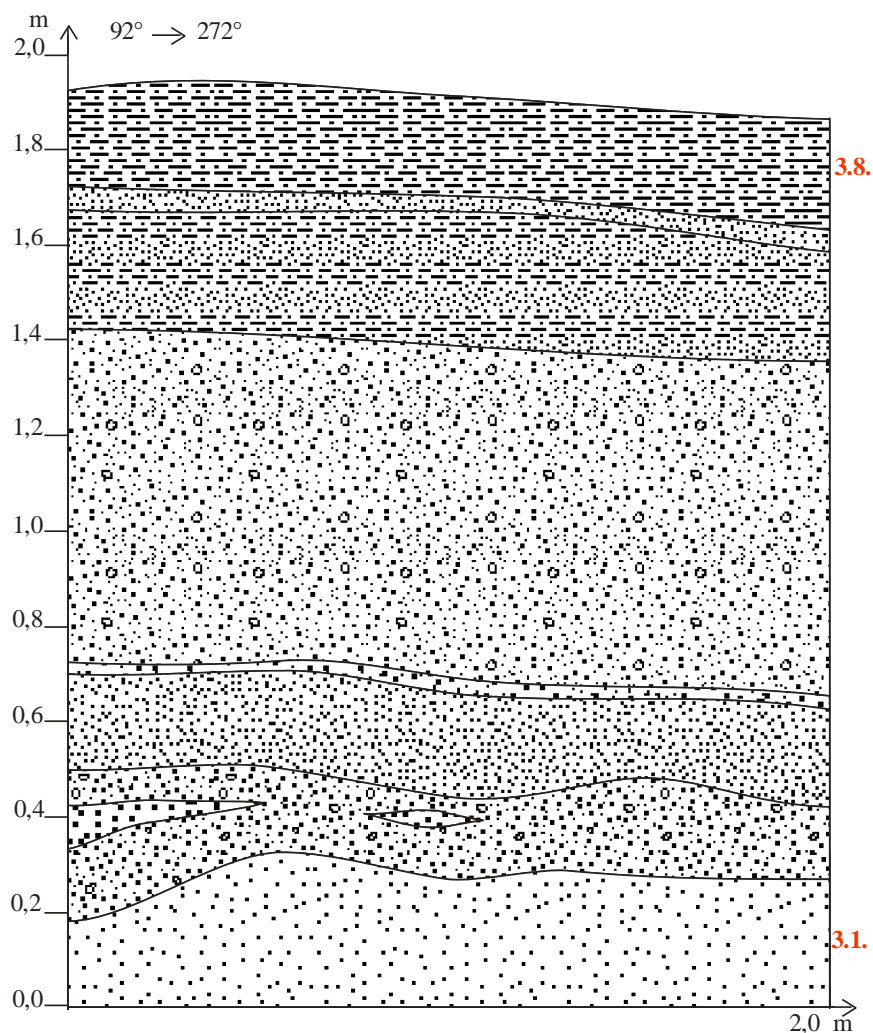




2.6. Paraugotā slāņa nummurs

2.13. attēls. Otrais paraugšanas atsegums smiltis – grants atradnē „Pāvuli” (Izstrādājusi autore)

Trešais paraugšanas atsegums (2.14. attēls) „Pāvulu” smiltis – grants atradnē izveidots atradnes dienvidu sienā, atsegums izveidots 1,9 m augsts un 2 m plats, un tajā paraugi noņemti no diviem nogulumu slāņiem – 1. un 8. Paraugšanas vietas koordinātes – x–594576,4; y–6355532,9.



Apzīmējumi

	Smalkgraudaina - aleirītiska smilts		Rupjgraudaina smilts
	Vidēji rupjgraudaina smilts		Vidēji rupjgraudaina smilts
	Aleirītiskas un vidēji smalkgraudainas smilts slāņumija		Ļoti rupjgraudaina smilts ar granti
	Vidēji rupjgraudaina smilts ar retu granti		Vidējgraudaina smilts
<b>3.1.</b> Paraugotā slāņa nummurs			Rupjgraudainas smilts lēcas

#### 2.14. attēls. Trešais paraugošanas atsegums smilts – grants atradnē „Pāvuli”

(Izstrādājusi autore)

Griezuma apakšējo daļu, pirmo slāni, veido gaiši brūni pelēcīga, viendabīga vidēji graudaina smilts. Slānis atsegts 30 cm biezumā. Otrais slānis sastāv no tumši brūni sarkanīgas grants ar graudu izmēru 2 – 3 mm. Slānī sastopamas vairākas pelēkas, rupjgraudainas smilts lēcas ar biezumu 7 – 5 cm. Grants slāņa biezums svārstās no 15 – 30 cm. Trešais slānis – gaiši brūngani pelēcīgas krāsas, viendabīga, vidēji rupjgraudaina smilts. Slāņa biezums 20 cm. Ceturtais slānis sastāv no tumši brūnas rupjgraudainas smilts ar

biezumu 5 cm. Piektais slānis - gaiši pelēcīgi brūnganas krāsas vidēji rupjgraudaina smilts ar retiem grants graudiem un ļoti retām un smalkām aleirīta kārtiņām gaiši brūngani bēšīgā krāsā. Slāņa biezums 70 cm. Sestais slānis griezumā ir gaiši brūni bēšīgas krāsas aleirītiskas un smalkgraudainas smilts sīlu slānīšu mija ar kopējo biežumu 25 cm. Septītais slānis - gaiši pelēka, viendabīga, vidēji rupjgraudaina smilts ar slāņa biežumu 5 cm. Griezuma augšējo daļu, astoto slāni viedo gaiši brūngani dzeltenīga, aleirītiska - smalkgrudaina smilts ar biežumu 20 cm.

## **2.4. Laboratorijas darbi**

Laboratorijas darbi, bakalaura darba izstrādes laikā, tika veikti vairākos posmos, daļēji, paralēli ar lauka darbiem. Pirmajā laboratorijas darbu posmā tika strādāts ar filtrācijas iekārtu – filtrējot, lauka darbos noņemtos paraugus, iegūti to filtrācijas koeficienti. Otrajā posmā iegūtajiem paraugiem tika veikta granulometriskā sastāva analīze ar sietu un hidrometra metodi. Trešajā laboratorijas darbu etapā tika veidoti jauktas struktūras paraugi un tiem noteikts blīvums un filtrācijas koeficienti.

### **2.4.1. Filtrācijas koeficienta noteikšana laboratorijas filtrācijas iekārtā**

Laboratorijas apstākļos, filtrācijas koeficienti tika noteikti ar filtrācijas iekārtu, kurā caur paraugiem tika filtrēts ūdens izmantojot patstāvīgā un mainīgā līmeņa metodes.

Laboratorijas filtrācijas iekārta ir iekārta, ar kuru var noteikt ar ūdeni piesātinātu iežu paraugu filtrācijas īpašības jeb filtrācijas koeficientus. Šīs iekārtas pieejamas vairākos modeļos, ar iespēju vienlaicīgi apstrādāt no 5 līdz 50 paraugiem. Praktiski visās filtrācijas iekārtās tiek izmantoti ūdens sūkņi, kas nodrošina slēgtu ūdens riņķojuma sistēmu, kurā ir konstanta ūdens kvalitāte un temperatūra (Eijkelkamp, 2008).

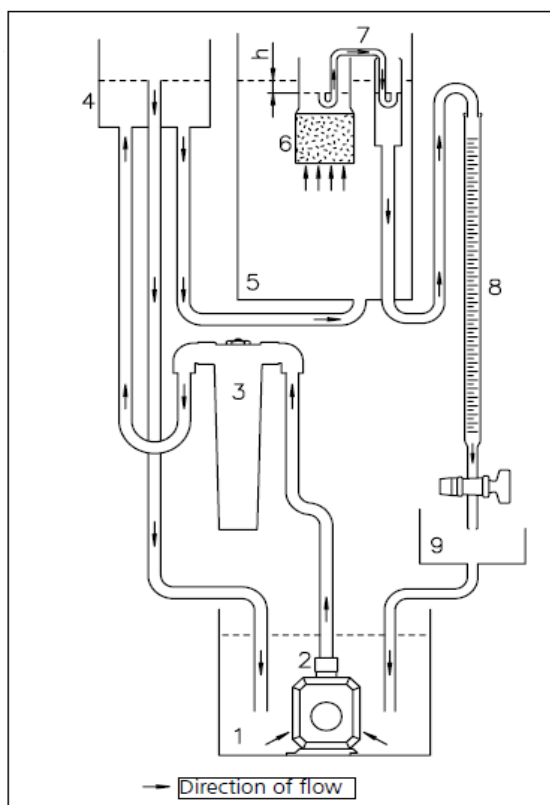
Laboratorijas filtrācijas iekārtā filtrācijas koeficientus iespējams noteikt praktiski visiem irdenajiem nogulumiežiem, sākot ar ļoti rupjgraudainu materiālu, piemēram, granti un, beidzot ar ūdens vāji caurlaidīgiem nogulumiem, tādiem kā aleirīti un māli. Lai filtrācijas iekārtā varētu apstrādāt tik daudzveidīgus nogulumus, pastāv divas tās darbības metodes - ūdeni labi filtrējošiem nogulumiem (grants, smiltis) izmanto patstāvīgā ūdens līmeņa metodi, bet ūdeni vāji filtrējošajiem nogulumiem (aleirīti, māli) pielieto mainīgā ūdens līmeņa metodi (Eijkelkamp, 2008).

Filtrācijas koeficientu noskaidrošanai darbā tika izmantota Eijkelkamp laboratorijas filtrācijas iekārta, ar filtrācijas gredzenu izmēru 5 cm.

### 2.4.1.1. Pastāvīgā līmeņa metode

Filtrācijas koeficientus, filtrācijas iekārtā, ar pastāvīgā līmeņa metodi iespējams noteikt gandrīz visiem nogulumu veidiem, sākot ar granti un ļoti rupjgraudainu materiālu un beidzot ar ūdens vāji caurlaidīgiem iežiem, tādiem kā rupjš aleirīts.

Sākot darbu, paraugi – filtrācijas iekārtas gredzeni ar tajos esošajiem nogulumiem, tiek ievietoti iekārtas ūdens baseinā (2.15. attēls). Tad jāpārlicinās, ka ūdens līmenis tvertvē un paraugu gredzenu ietvaros ir vienāds. Kad ūdens līmenis iekārtas tvertnē un parauga gredzenā ir vienāds, uz parauga ietvara malas novieto ar ūdeni piepildītu sifonu, tā lai tas ar vienu galu atrastos parauga gredzenā esošajā ūdenī, bet ar otru galu numurētā iekārtas caurulē, lai varētu sākties ūdens filtrācija caur paraugu. Piepildot sifonu ar ūdeni, rūpīgi jāpārlicinās, ka tajā vairs nav gaisa, pretējā gadījumā eksperiments var neizdoties (Eijkelkamp, 2008).



2.15. attēls. Filtrācijas iekārtas darbības principa shēma (Eijkelkamp, 2008)

Skaidrojumi: → plūsmas virziens;  $h$  – ūdens līmenis; 1, 2, - ūdens tvertne ar ūdens cirkulāciju nodrošinošu sūkni; 3 – ūdens filtrs; 4 – ūdens līmeņa regulētājs; 5 – ūdens baseins; 6 – filtrācijas iekārtas gredzens ar analizējamo paraugu; 7 – sifons; 8 – bīrete, ūdens tilpuma nolāišānai; 9 – noteces tvertne.

Ūdens, kas atrodas virs parauga, parauga gredzena ietvarā, plūstot caur sifonu, nostājas tā atveres līmenī. Caur sifonu noplūdušais ūdens nonāk iekārtas ārpusē esošajās biretēs. Kad biretes ir piepildītas ar ūdeni līdz vajadzīgajai tilpuma atzīmei, tās var iztukšot, atverot biretes apakšējo daļu. No biretes izplūstošo ūdens līmeni ir iespējams regulēt (Eijkelkamp, 2008).

Eksperimenta gaitā, veicot mērījumus, ir nepieciešams noteikt pastāvīgā ūdens līmeņa atšķirības starp parauga gredzena ietvaru un iekārtas ūdens tvertni. Ūdens līmeņu starpības iespējams noteikt izmantojot mērierīci, kas atrodas uz mērīšanas „tilta” virs filtrācijas iekārtas ūdens baseina. Mērot līmeņu starpības, mērierīce jānovieto virs attiecīgā parauga gredzena un griežot rotējošo, rokturi jāvirza ierīces mērīšanas pirksts uz leju, līdz tas saskaras ar ūdeni. Brīdī, kad mērīšanas pirksta jūtīgais punkts saskaras ar ūdeni, ierīcē iedegas gaismas indikators, kas ļauj nolasīt ūdens līmeni ar precizitāti līdz 0,5 mm. Tādā pašā veidā tiek nolasīts arī ūdens līmenis filtrācijas iekārtas baseinā. Līmeņu starpību mērījumi ir jāatkārto katram paraugam, lai vēlāk, apstrādājot datus, varētu aprēķināt filtrācijas koeficientus. Ūdens līmeņu starpības parasti variē atkarībā no iežu ūdenscaurlaidības. Visbiežāk līmeņu starpības svārstās no 2 mm – nogulumiem ar augstu ūdenscaurlaidību līdz 20 mm – iežiem ar vāju ūdenscaurlaidību (Eijkelkamp, 2008).

Turpinot eksperimentu, brīdī, kad caur paraugu ir sācis filtrēties ūdens, un ir noteiktas ūdens līmeņu starpības starp paraugu ietvariem un iekārtas baseinu, ir jāsāk mērīt caur paraugu izplūstošā ūdens daudzums laika vienībā. Sākot šo mērījumu daļu, jāpārlicinās, ka biretes apakšējā daļa ir aizvērta un jānolasa esošais ūdens līmenis biretē (ml), un, vienlaicīgi, jāfiksē mērījuma sākuma laiks. Nākošo ūdens daudzuma un laika nolasījumu var veikt, kad birete ir pilna ar ūdeni vai pie brīvi izvēlēta tilpuma. Pēc mērījuma veikšanas birete jāiztukšo, atverot tās apakšējo daļu un notecinot ūdeni noteces tvertnē. Šādu mērījumu ciklu vienam paraugam ir jāveic vairākas reizes, lai rezultāts būtu pēc iespējas precīzāks. Ja eksperimenta laikā caur paraugu izplūstošais ūdens daudzums laika vienībā saglabājas nemainīgs, plūsmu var uzskatīt par stacionāru (Eijkelkamp, 2008).

#### **2.4.1.2. Mainīgā līmeņa metode**

Filtrācijas iekārtas mainīgā līmeņa metode tiek izmantota, lai noteiktu filtrācijas koeficientus nogulumiem ar ļoti vāju ūdenscaurlaidību, piemēram, mālam un kūdrai. Šīs metodes galvenā atšķirība no pastāvīgā līmeņa metodes ir tāda, ka, izmantojot šo metodi, tiek mērītas ūdens līmeņa izmaiņas laika intervālos, parauga gredzena ietvarā un filtrācijas iekārtas baseinā, nevis caur paraugu izfiltrētā ūdens daudzums (Eijkelkamp, 2008).

Veicot mērījumus ar mainīgā līmeņa metodi, tāpat kā iepriekš, ievieto parauga gredzenu ietvarā un tad filtrācijas iekārtā. Pirms sākt mērījumus, jāpārliciecinās, ka ūdens līmenis parauga gredzena ietvarā ir vienāds ar filtrācijas iekārtas baseina ūdens līmeni. Šajā gadījumā jāņem vērā, ka eksperimentā izmantojamo ūdens vāji caurlaidīgo nogulumu paraugu pilnīga peisātināšana ar ūdeni var aizņemt vairākas dienas vai pat nedēļas (Eijkelkamp, 2008).

Kad paraugs ir pilnībā peisātināts ar ūdeni un ūdens līmeņi abās pusēs ir vienādi, ūdens līmenis parauga ietvarā ir jāpazemina tā, lai tas būtu tikai nedaudz virs parauga virsmas. To var izdarīt ar sifona vai pipetes palīdzību. Pēc ūdens līmeņa pazemināšanas sāk mērījumus – izmantojot mērierīci, nomēra sākotnējo ūdens līmeni virs parauga un iekārtas baseinā. Lai izvairītos no iztvaikošanas iekārtas baseinam var uzlikt pārsegu. Pēc noteikta laika atkārtoti mērījumus. Iegūtās ūdens līmeņa izmaiņas laikā tiek izmantotas vēlāk aprēķinos, lai iegūtu materiāla filtrācijas koeficientu. (skatīt nodaļu 2.5. Kamerālie darbi) (Eijkelkamp, 2008).

#### **2.4.2. Materiāla granulometriskā sastāva noteikšana**

Laboratorijas apstākļos, visiem lauka darbos ievāktajiem smilšainajiem nogulumiem, tika veikta granulometriskā sastāva analīze. Granulometriskās analīzes paraugiem veiktas Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Iežu pētījumu laboratorijā. Analīžu veikšanai tika izmantotas divas metodes – sietu un hidrometra metodes.

Smilts nogulumu paraugiem granulometriskā sastāva analīze tika veikta izmantojot sietu metodi, bet paraugiem, kuriem pēc vizuālās novērtēšanas tika konstatēts liels mālaino daļiņu daudzums – granulometrijas analīze tika veikta, pamatā, izmantojot hidrometra metodi, kombinācijā ar sietu metodes smalkākajiem sietiem.

Pirms granulometrisko analīžu veikšanas gan sietu, gan hidrometra analīzei izmantojamie paraugi tika žāvēti MEMMERT UFE 400 žāvēšanas iekārtā 60°C temperatūrā līdz gaissausam stāvoklim. Tas tika noteikts, paraugus atkārtoti sverot uz elektroniskajiem svāriem KERN EV ar precizitāti 0,01 g, līdz netika novērotas parauga svara izmaiņas.

Sietu metodes analīzes veikšanai izmantots paraugu iesvars 100 g. Smilšaino nogulumu granulometriskā sastāva noskaidrošanai izmantoti sieti ar atvēruma diametru 2,5; 2; 1,6; 1,25; 1; 0,8; 0,63; 0,5; 0,4; 0,315; 0,25; 0,2; 0,16; 0,125; 0,1; 0,08; 0,063; 0,05 mm. Paraugu granulometriskā analīze veikta izmantojot sijāšanas vibroiekārtu Retsch AS200. Paraugu sijājot, pēc frakcijām tuvie drupu graudiņi tika apvienoti frakcijās, kas atbilst izmantoto sietu izmēriem, un, izsakot katras frakcijas procentuālo sastāvu no kopējās parauga masas, tika

noteikts nogulumu granulometriskais sastāvs. Paraugu granulometriskais sastāvs un materiāla nosaukums tika veidots vadoties pēc šādiem daļiņu izmēriem (2.1. tabula).

2.1. tabula

**Nogulumu granulometriskā klasifikācija** (Izstrādājusi autore, izmantojot Aysen, 2005)

Frakcijas nosaukums	Daļiņu izmērs, mm
<b>Grants frakcija</b>	<b>60...2</b>
rupja	60...20
vidēji rupja	20...6
smalka	6...2
<b>Smilts frakcija</b>	<b>2...0,06</b>
rupja	2...0,6
vidēji rupja (vidējgraudaina)	0,6...0,2
smalka	0,2...0,06
<b>Putekļu frakcija</b>	<b>0,06...0,002</b>
rupja	0,06...0,02
vidēji rupja	0,02...0,006
smalka	0,006...0,002
<b>Māla frakcija</b>	<b>&lt;0,002</b>

Granulometriskā sastāva analīze ar hidrometra metodi, kombinācijā ar sietu metodes smalkajiem sietiem, tika izmantota paraugiem, kuriem pēc sijāšanas daļiņas mazākas par 0,05 mm bija vairāk kā 10% no kopējā parauga masas un paraugiem, kuriem pēc vizuālās novērtēšanas bija ļoti augsts aleirītisko un mālaino daļiņu procentuālais saturs (paraugi no mālu atradnes „Progress”).

Šajā metodē izmantoto, nosacīti aleirītisko un mālaino paraugu iesvars tika ņemts 100 grami. Paraugs tika sajaukts ar destilētu ūdeni, kam pievienots nātrijs heksametafosfāts ((NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>), kas palīdz novērst mālaino daļiņu koagulāciju (IUPUI, bez dat.), proti, neļauj blakus esošām, elektriski uzlādētām daļiņām saķerties, veidojot pārsulas, kam ir lielāks grimšanas ātrums (Fratta et al., 2007). Parauga un destilētā ūdens suspensija tika izskalota caur sietu ar atvērumu diametru 0,05 mm. Pēc skalošanas, parauga abas daļas tika atkārtoti izžāvētas līdz gaisausam stāvoklim. Parauga daļai, kas skalošanas procesā palika sietā, tātad daļiņas rupjākas par 0,05 mm, granulometriskais sastāvs tika noteikts ar sietu metodi, bet parauga daļa, kur daļiņu izmēri mazāki par 0,05 mm, tika tālāk sagatavota hidrometra analīzei. Tāpat hidrometra analīzei tika sagatavoti paraugi, kuri tika iegūti pēc smalkgraudaino smilts paraugu sijāšanas.

Darbam ar hidrometra metodi, analizējamie paraugi tika sagatavoti vismaz 24 stundas pirms veicamās analīzes. Analīze tika veikta ar 152H tipa hidrometru. Paraugu sagatavošana

analīzei iedalāma vairākos posmos: vispirms tika izveidots destilēta ūdens un nātrija heksametafosfāta šķīdums ar attiecību 40 grami nātrija heksametafosfāta uz 1 litru ūdens. Tad tika iesvērti paraugi. Paraugiem, kuri tika skaloti caur 0,05 mm sietu, iesvars tika ņemts 45 grami, bet paraugiem, kuri tika iegūti sijājot smalkgraudaias smiltis, iesvara masa bija proporcionāla sijāšanas atlikumam, kas mazāks par 0,05 mm, attiecīgi 11,15 grami „Ezeru” 1.3. un 12,27, 17,60 grami „Mazo Kangaru” 2.9. un 3.2. paraugiem. Iesvērtie paraugi tika aplieti ar 130 ml iepriekš sagatavotā nātrija heksametafosfāta šķīduma un atstāti mērcēties, līdz analīzes veikšanai.

Pirms pašas analīzes veikšanas vienā no hidrometra 1000 ml stikla cilindriem tika sagatavots destilēta ūdens un nātrija heksametafosfāta šķīdums, ar attiecību 130 ml nātrija heksametafosfāta pret 870 ml ūdens, ūdens temperatūras un blīvuma mērījumiem. Pēc tam pārējos hidrometra cilindros tika ielieta iepriekš sagatavotā parauga un nātrija heksametafosfāta suspensija un līdz 1000 ml atzīmei pievienots destilēts ūdens. Analīzes laikā pirms mērījumu veikšanas paraugi tika uzduļķoti.

Hidrometra metode, pēc būtības ir sedimentācijas metode, kurā tiek mērīts nogulumieža un ūdens suspensijas blīvums, un kas balstās uz Stoksa likumu. (IUPUI, bez dat.). Izmantojot Stoksa likumu, parauga graudu diametru iespējams aprēķināt pēc sfērisku daļiņu grimšanas ātruma šķīdumā (Aysen, 2005). Aprēķinus var veikt izmantojot šādu vienādojumu (Fratta et al., 2007):

$$D = \sqrt{\frac{18\eta}{(G_s - 1)\gamma_f} \frac{L}{t}}, \quad (2.7.)$$

kur:  $D$  – daļiņu diametrs (m);

$\eta$  – šķidrums viskozitāte (Pa\*s);

$L$  – hidrometra efektīvais dziļums (m);

$t$  – laiks no analīzes sākuma (s);

$G_s$  – daļiņu īpatnējais svars ( $\text{kg/m}^3$ );

$\gamma_f$  – šķidrums īpatnējais svars ( $\text{kg/m}^3$ ).

#### 2.4.3. Jauktas struktūras paraugu veidošana un blīvuma noteikšana

Pētnieciskā darba pamatuzdevums ir noskaidrot smilšaino nogulumu filtrācijas īpašību, precīzāk, filtrācijas koeficienta sakarību ar materiāla granulometrisko sastāvu. Bet, studējot literatūru par filtrācijas koeficientu ietekmējošiem faktoriem, tika atrasta informācija, ka nogulumu granulometriskais sastāvs ir viens no būtiskākajiem, bet ne vienīgais, filtrācijas



koeficientu ietekmējošais faktors. Nogulumu filtrācijas koeficientus ietekmē virkne dažādu, pašu nogulumu un arī tajos esošā ūdens īpašību.

Izvērtējot apstākļus un iespējas, ir skaidrs, ka visu filtrācijas koeficientu ietekmējošo nogulumu un tajos esošo šķidrumu īpašību izpētei un izvērtēšanai būtu nepieciešams krietni ilgs laiks un lielāks resursu patēriņš, tādēļ tika nolemts, kā papildus filtrācijas koeficientu ietekmējošu faktoru apskatīt nogulumu blīvumu.

Pētījumā izmantotajiem smilšainajiem nogulumiem no „Ezeru” un „Pāvulu” atradnēm, paraugu blīvums tika noteikts gan netraucētas struktūras paraugiem, gan jauktas struktūras paraugiem, kas izveidoti, sablīvējot tos laboratorijas apstākļos. Blīvums noteikts tikai divu atradņu materiālam, jo šajā gadījumā, primārais, uzdevums nebija pētīt granulometriskā sastāva un blīvuma ietekmi uz filtrācijas īpašībām, bet gan, fiksēt vai un kā filtrācijas koeficientus ietekmē citi nogulumu parametri.

Blīvuma noteikšanas testi gan netraucētas, gan jauktas struktūras paraugiem pamatā bija vienādi, tikai atšķirības bija paraugu sagatavošanā.

Netraucētas struktūras paraugiem blīvuma noteikšana tika veikta šādi: vispirms filtrācijas iekārtas filtrācijas gredzenos tika noņemti netraucētas (dabiskas) struktūras paraugi (process tāds pats, kā ņemot paraugus filtrācijas koeficientu noteikšanai – nodaļa 2.3. Lauka darbi), tad paraugi tika nogādāti LU ĢZZF Iežu laboratorijā, kur tie tika nosvērti kopā ar ietverošo filtrācijas iekārtas gredzenu un vienu tā aizdares vāciņu. Pēc svēršanas paraugi tādā pašā stāvoklī, kā svēršanas laikā, tika ievietoti žāvēšanas iekārtā ar kontrolētu temperatūru 60°C. Paraugu žāvēšanas ilgums bija atkarīgs no to mitruma pakāpes. Paraugi tika žāvēti līdz gaissausam stāvoklim, kas tika konstatēts paraugus atkārtoti sverot uz elektroniskajiem svāriem, līdz vairs netika novērotas to svara izmaiņas. Tad no nosvērtā parauga masas tika atņemta filtrācijas gredzena un aizdares vāciņa masa, tādējādi iegūstot tīru smilšainā materiāla masu, kura tālāk tika izmantota blīvuma aprēķinos. Paraugu blīvums tika aprēķināts pēc vienādojuma (Dzērve, 2007):

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2.8.)$$

kur:  $\rho$  – parauga blīvums (kg/m<sup>3</sup>),

$m$  – parauga masa (kg),

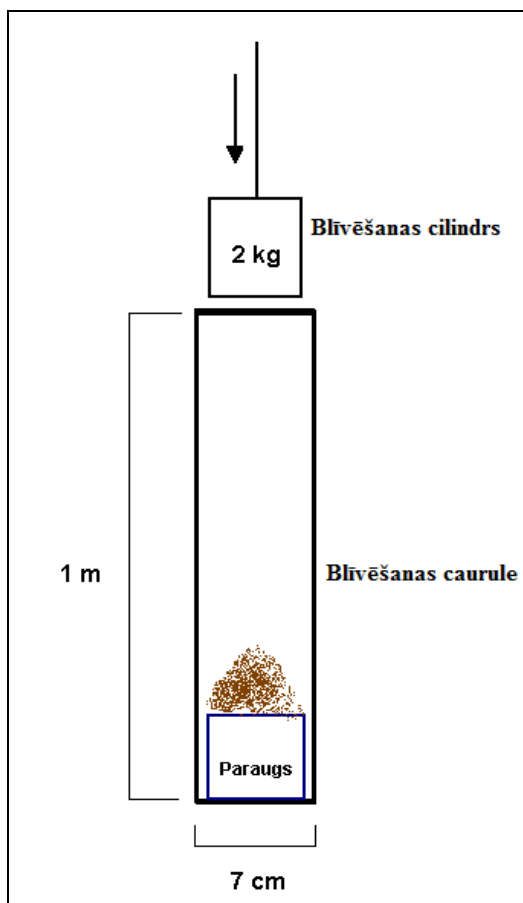
$V$  – Parauga tilpums jeb filtrācijas gredzena tilpums (m<sup>3</sup>).

Jauktas struktūras paraugiem blīvuma noteikšana pamatā bija tāda pati, bet paraugu sagatavošanas process bija daudz ilgāks un sarežģītāks. Pirms jaukto struktūru paraugu izveides, attiecīgajā paraugošanas vietā, vienlaicīgi ar filtrācijas koeficientu noskaidrošanai izmantotajiem paraugiem un netraucēto struktūru paraugiem, paraugošanas maisiņos tika

noņemts arī materiāls jaukto struktūru veidošanai. Smilšainie nogulumi dabiskā mitrumā paraugu maisiņos tika nogādāti laboratorijā. Tālāk laboratorijā tika veikta jaukto struktūru paraugu veidošana jeb blīvēšana.

Jaukto struktūru paraugu blīvēšanai tika izmantota paštaisīta iekārta (2.16. attēls), kura sastāv no 1,05 m garas plastmasas caurules ar diametru 7 cm, 2 kg smaga metāla cilindra ar diametru 5 cm, kas iesiets 1,5 m garā auklā, finiera plāksnes, kas novietota iekārtas pamatnē un filtrācijas iekārtas filtrācijas gredzeniem, kuros jauktās struktūras paraugi tika veidoti. Līdzīgi nogulumu blīvēšanas principi tiek izmantoti arī tam paredzētās laboratorijas iekārtās, bet ņemot vērā, ka ĢZZF Iežu pētījumu laboratorijā šādas iekārtas nav pieejamas, darbā tika izmantota paštaisīta blīvēšanas iekārta. Paraugi tika blīvēti filtrācijas iekārtas gredzenos, jo daļai jaunizveidoto paraugu tika noteikti filtrācijas koeficienti. Šāda iekārta tika izveidota, lai nodrošinātu visu paraugu sablīvēšanu ar vienādu spēku.

Paraugu blīvēšanas procesa sākumā filtrācijas iekārtas filtrācijas gredzenā tika sabērts materiāls un nedaudz piespiests ar roku, tad ar materiālu pildītais gredzens novietots uz finiera plāksnes un tam virsū vertikāli novietota blīvēšanas iekārtas caurule, tā, lai gredzens būtu pa vidu caurules atvērumsam un pēc caurules novietošanas nebūtu redzams. Tad pa augšpusē atvērto caurules galu tajā tika sabērts pārsimts gramu blīvējamā materiāla, lai aizpildītu tukšumu starp caurules sieniņām un filtrācijas gredzenu un būtu pietiekama materiāla rezerve. Pēc caurules aizpildīšanas ar materiālu, tas 20 reizes tika blīvēts ar blīvēšanas cilindru. Pēc sablīvēšanas filtrācijas gredzens ar jaunizveidoto struktūru izņemts no blīvēšanas caurules un tam tika nolīdzināta virsma.



2.16. attēls. Jaukto struktūru paraugu blīvēšanas iekārtas shematisks attēls (Izstrādājusī autore)

Pēc parauga sablīvēšanas, tam tika veikta blīvuma noteikšana pēc tādas pašas metodes kā netraucētas struktūras paraugiem.

## 2.5. Kamerālie darbi

Izstrādājot bakalaura darbu „Smilšaino nogulumu filtrācijas koeficienta un granulometriskā sastāva sakarības”, darba izstrāde tika iedalīta vairākos posmos, proti, literatūras studijas, lauka un laboratorijas darbi, kā arī iegūto datu apstrāde un rezultātu analīze. Šajā nodaļā, pamatā, tiks apskatīta lauka un laboratorijas darbos iegūto datu apstrāde un sagatavošana darba rezultātu analīzei.

Pētnieciskā darba galvenais uzdevums ir noskaidrot smilšaino nogulumu filtrācijas īpašību jeb filtrācijas koeficientu un granulometriskā sastāva sakarības. Par galvenajām pētniecības metodēm tika izvēlētas laboratorijas metodes. Laboratorijas iekārtās noteikts gan smilšainā materiāla filtrācijas koeficients, gan granulometriskais sastāvs. Neskatoties uz to, ka praksē pastāv trīs dažādas metožu grupas, ar kurām noteikt nogulumu filtrācijas koeficientus, tās vienu no otras pilnīgi nodalīt nevar. Šajā gadījumā, laboratorijas apstākļos

nosakot materiāla filtrācijas koeficientus, filtrācijas iekārtā, iegūstam tikai ūdens daudzumu, kas laika vienībā izfiltrējas caur paraugu. Lai no šiem datiem iegūtu nogulumieža filtrācijas koeficientus, nepieciešams veikt zināmus aprēķinus. Tātad, nosacīti, varam teikt, ka jāizmanto arī matemātiskās metodes.

Viens no pirmajiem kamerālajiem darbiem, kas tika veikts bija filtrācijas koeficientu aprēķināšana pēc paraugu filtrēšanas laboratorijas filtrācijas iekārtā. Paraugiem, kas filtrēti gan ar pastāvīgā līmeņa metodi, gan ar mainīgā līmeņa metodi, aprēķini, lai iegūtu filtrācijas koeficientus, ir balstīti uz Darsī likumu.

Izmantojot pastāvīgā līmeņa metodi, filtrācijas iekārtas mērījumos tika nolasīts ūdens daudzums, kas fiksētā laika vienībā izplūst caur paraugu, kā arī noteikta starpība starp ūdens līmeni virs parauga – parauga gredzena ietvarā un ūdens līmeni filtrācijas iekārtas tvertnē. Lai šos datus pārvērstu par attiecīgā parauga filtrācijas koeficientu jāizmanto no Darsī likuma izteikts sekojošs vienādojums (Eijkelkamp, 2008):

$$k = \frac{V * L}{A * t * h}, \quad (2.9.)$$

kur:  $k$  – filtrācijas koeficients (cm/min);

$V$  – ūdens daudzums bīretē, kas izfiltrējies caur paraugu (1 ml = 1 cm<sup>3</sup>);

$L$  – ieža parauga garums (cm);

$A$  – parauga šķērsriezuma laukums 19,625 (cm<sup>2</sup>);

$t$  – laiks, kurā ūdens daudzums izplūst caur paraugu (min);

$h$  – ūdens līmeņu starpība starp parauga gredzena ietvaru un filtrācijas iekārtas baseinu (cm).

Ievietojot formulā skaitļus, jāievēro, lai visi skaitļi būtu pareizās mērvienībās, lai filtrācijas koeficientu varētu izteikt *cm/dnn* vai *m/dnn*.

Izmantojot mainīgā ūdens līmeņa metodi, filtrācijas iekārtas mērījumos tika noteiktas ūdens līmeņu starpības starp parauga ietvaru un filtrācijas iekārtas baseinu, to izmaiņas laika periodā.

Lai no šiem datiem iegūtu filtrācijas koeficientu tika lietots atbilstošs matemātisks vienādojums (Eijkelkamp, 2008):

$$k = \frac{a * l}{A * (t_2 - t_1)} * \ln \frac{h_1}{h_2} + \frac{x * a * L}{A * \sqrt{(h_1 * h_2)}}, \quad (2.10)$$

kur:  $k$  – filtrācijas koeficients (cm/min);

$a$  – parauga ietvara šķērsriezuma laukums, 19,625 (cm<sup>2</sup>);

$l$  – parauga garums (cm);

$A$  – parauga šķērsriezuma laukums, 19,625 (cm<sup>2</sup>);

$t_2 - t_1$  – laika intervāls starp mērījuma sākumu un beigām (min);

$h_1$  un  $h_2$  – ūdens līmeņu starpība starp parauga ietvaru un filtrācijas iekārtas baseinu ( $h_1$  – sākumā,  $h_2$  – beigās) (cm);

$x$  – iztvaikošanas faktors, pieņemts 0,0864 cm/dnn vai 0,000864 m/dnn.

Bez filtrācijas koeficientu aprēķiniem, tika veikti arī paraugu blīvuma aprēķini.

Kamerālo darbu posmā datu apstrādei un vizualizēšanai izmantotas vairākas datorprogrammas. Darba gaitā, nosakot paraugu filtrācijas koeficientus un granulometrisko sastāvu, tika iegūts liels apjoms datu, lai dati būtu pārskatāmi un tālāk izmantojami tie apstrādāti ar datorprogrammu Microsoft Excel. Paraugošanas vietu griezumi tika sastādīti izmantojot programmu CorelDrawX3, bet paraugošanas vietu novietojuma kartes apstrādātas izmantojot programmu ArcMap9.

### 3. PĒTĪJUMU VIETU ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE

Darba izstrādes laikā tika veikti lauka darbi trīs smilts un grants karjeros – smilts – grants atradnes „Mazie Kangari” VI laukums, „Ezeri” un ”Pāvuli” un vienā mālu atradnē – atradnē „Progress”. Smilts – grants atradnēs pārsvarā sastopami dažāda rupjuma glaciofluviālie un, nedaudz mazāk, glaciolimniskie nogulumi, bet mālu atradnē pamatā sastopami tikai glaciolimniskie nogulumi, kas uzkrājušies pēdējā apledošanas laikā. Šajā nodaļā sīkāk tiks apskatīta lauka darbos izmantoto atradņu ģeoloģiskā uzbūve un veidošanās apstākļi.

#### 3.1. Smilts - grants atradnes "Mazie Kangari" VI laukums

Geomorfoloģiski atradne izvietota Viduslatvijas zemienes Madlienas nolaidenuma centrālajā daļā. Atradnes apkārtnē raksturojas ar glaciolimniskiem aleirītiskiem un mālainiem līdzenumiem, virs kuriem, hipsometriski augstāk izvietoti smilšaini – granšainu nogulumu iegareni veidojumi – osi, kas veidojušies ledāja kušanas ūdeņu akumulatīvās darbības rezultātā. Reljefa absolūtās atzīmes atradnes apkaimē ir aptuveni 61 – 82 m v.j.l (Ābolts, 2004).

Atradnes uzbūve izpētes dziļumā samērā vienkārša. To veido vienīgi kvartāra irdenie nogulumi.

Virzienā no augšas uz leju tā ir sekojoša:

- 1) Augsnes trūdvielu horizonts (eQ<sub>4</sub>) sedz visu ģeoloģiskās izpētes teritoriju un tā biezums svārstās no 0,10 līdz 0,40 m.
- 2) Glaciolimniskie nogulumi (lgQ<sub>3</sub>ltv) konstatēti gandrīz visā izpētes teritorijā un pēc sava sastāva un litoloģiskajām īpatnībām iedalāmi trijos tipos: mālsmilts, smilšmāls un aleirītiska (putekļaina) smilts
- 3) Glaciofluviālo (fQ<sub>3</sub>ltv) nogulumu slāņkopa konstatēta visos izpētes punktos, izņemot atradnes DA daļu. Nogulumi pārsvarā atsedzas zem augšas un glaciolimniskās mālsmilts segkārtas. Grants – smilts, smilts – grants, granšainās smilts un dažāda rupjuma smilts slāņi mijas, un savā starpā izķīlējas. Smilts nogulumi konstatēti visā atradnes teritorijā. Smilšaino nogulumu slāņu biezums mainās 0,70 – 11,10 m robežās. Pēc materiāla kvalitātes datiem atradnē smilts kopumā atbilst ļoti smalkai un smalkai smilts grupai. Taču sastopama arī vidēji rupja un rupja smilts. Smiltij mālu un putekļu (<0,05 mm) daļiņu saturs no 3,6% līdz 29,5%. Grants – smilts un smilts – grants (sastopami tikai daļā atradnes) slāņa biezums mainās 1,5 – 12,5 m robežās.

Domājams, ka granšainais slānis atradnes teritorijā nav plašāk izplatīts un izķīlējas starp smilšaino slāņkopu. Grants daļiņu un oļu (> 5 mm) saturs pēc laboratorijas datiem tajā svārstās no 16,4% līdz 41,2%, vidēji pa atradni – 24,5%. Mālu un aleirītu (< 0,05 mm) daļiņu saturs derīgajā materiālā – no 2,0 līdz 6,8%, vidēji – 4,6%.

- 4) Glacigēnie (gQ<sub>3</sub>ltv) nogulumu konstatēti derīgā, smilšaini – granšainā materiāla pamatnē, praktiski, visā atradnes teritorijā. Glacigēnos nogulumus veido morēnas mālsmilts ar lokālu smilts lēcu ieslēgumiem. Šo nogulumu pamatne izpētes gaitā nav sasniegta (Ābolts, 2004).

Domājams, ka atradnes „Mazie Kangari” smilšaini – granšainais materiāls izgulsnējies jau aprimuša ledus masīvā, kurā radās caurkūsumi vai tuneļi, izveidojās ledāja kušanas ūdeņu baseini. Samērā sarežģītās glaciofluviālo un glaciolimnisko nogulumu faciālās izmaiņas izskaidrojamas ar mainīgo kušanas ūdeņu hidrodinamisko režīmu un sanesu avota bāzi. Aleirītiskā smilts norāda uz materiāla izgulsnēšanos mierīgos hidrodinamiskā režīma apstākļos, lēni plūstošu un stagnējošu ledāja kušanas ūdeņu darbības rezultātā. Vēlāk, ledājam intensīvi kūstot, no morēnas izskalotais rupjais drupu materiāls tika pārnests un izgulsnēts iekšledāja sedimentācijas baseinā kā dažāda rupjuma smilts un grants slānīši.

Gruntsūdens līmenis atradnē konstatēts 4,6 – 14,0 m dziļumā no zemes virsmas, kas atbilst 70,88 – 64,61 m absolūtajai atzīmei (Ābolts, 2004).

### **3.2. Smilts - grants atradne "Ezeri"**

Ģeomorfoloģiski „Ezeru” atradne atrodas Vidusdaugavas nolaidenuma rietumu daļā. Reljefu šeit veido Zemgales sprostezera akumulatīvie nogulumi. Reljefs atradnes apkārtnē viļņoti līdzens, tikai vietām sastopami nelielu kāpu pauguri. Reljefa absolūtās atzīmes šeit svārstās starp 26 – 38 m vjl (Bernāns, 1999).

Pati atradne izvietota uz vāji izteikta, tuvu meridionālam virzienam izstiepta reljefa paaugstinājuma. Pēc ģenēzes to veido gandrīz aprakts oss, kurš patreizējā reljefā praktiski neizdalās, tā nogāzes, tāpat kā apkaimi, sedz glaciolimniskie nogulumi (Bernāns, 1999).

Atradnes ģeoloģiskā uzbūve izpētes dziļumā samērā vienkārša, to pamatā veido kvartāra irdenie nogulumi, tikai pašā izpētes lejasdaļā aizsniegti augšējā devona Daugavas svītas dolomīti.

Virzienā no augšas uz leju atradnes greizumu veido (Bernāns, 1999):

- 1) Augšnes trūdvielu horizonts daļā atradnes ir biezumā no 0,25 līdz 0,3 m, vidēji 0,28 m.

2) Glaciolimniskie ( $lgQ_3ltv$ ) nogulumi izpētes teritorijā sastapti tikai vienā vietā 1,3 m biežā slānī. Tie klāj plašu teritoriju visā kādreizējā Zemgales sprostbaseina teritorijā, bet pacēlums, uz kura atrodas „Ezeru” atradne, iespējams, ir bijusi sala un glaciolimniskie nogulumi šeit ir bijuši tikai vietumis. Tagad tie pamatā norakti. Glaciolimniskie nogulumi pamatā sastāv no aleirītiskas smilts.

3) Glaciofluviālie ( $fQ_3ltv$ ) nogulumi lielākoties atrodas zem augsnes trūdvielu horizonta vai arī glaciolimniskajiem nogulumiem. To augšējā daļa izpētes teritorijā lielākoties ir norakta. Vietām to biežums pārsniedz 12 m. Šo nogulumu augšējo daļu veido dažāda rupjuma smilts ar lielāku vai mazāku grants graudu piejaukumu. Smilts ir vidēji vai vāji šķirota. Pēc laboratorijas datiem mālu un aleirītu ( $<$  par 0,05 mm) daļiņu piejaukums ir no 4,2 līdz 18,3 %. Tai ir samērā labas drenējošās īpašības – filtrācijas koeficients blīvā stāvoklī ir no 2,38 līdz 4,26 m/dnn. Atradnes lielākajā daļā smilts ir norakta. Glaciofluviālo nogulumu apakšējo daļu – osa serdi veido rupja grants ar laukakmeņiem. Lielu daļu no grants sastāda daļiņas, kas lielākas par 5 mm. To saturs grantī svārstās no 16 līdz 70%, vidēji atradnē, ieskaitot smilts iegulas – 38,1%. Grantij ir ievērojams akmeņu ( $>$  par 70 mm) piejaukums, to saturs ir no 0,0 līdz 20,0%, vidēji atradnē – 5,3%. Parasti to maksimālie izmēri nepārsniedz 250 – 300 mm. Vietām grants ir mālaina. Mālu un aleirīta daļiņu piejaukums grantij mainās plašā intervālā no 0,8 līdz 18,0%. Aptuveni 60 – 80% no oļu frakcijām ir karbonātiskie ieži, atlikusī daļa – kristāliskie ieži. Daļiņām virs 70 mm, pieaugot izmēriem, palielinās kristālisko iežu saturs līdz pat 50 – 60%. Oļu un laukakmeņu frakcijas ir labi noapaļotas.

Glaciofluviālie nogulumi veido atradnes derīgo materiālu.

4) Augšējā devona Daugavas svītas ( $D_3dg$ ) nogulumi atrodas zem glaciofluviālo nogulumu pamatnes. Izurbta tikai to paša augšējā kārtā, aptuveni, 0,5 m dziļumā. Daugavas svītas augšējā daļa šeit sastāv no plaisaina, daļēji sadēdējuša dolomīta ar dolomīta miltu starpkārtām (Bernāns, 1999).

Karjerā gruntsūdens līmenis atrodas 0,1 – 2,5 m, bet ārpus karjera teritorijas 5,0 – 5,5 m dziļumā, kas atbilst 46,31 – 48,08 m v.j.l. Gruntsūdens ir bezspiediena un tas saistīts ar karjerā esošajiem dīķiem un tam novērojams kritums ziemeļrietumu virzienā (Bernāns, 1999).



### 3.3. Smilts - grants atradnes "Pāvuli"

Geomorfoloģiski „Pāvulu” atradne atrodas Vidzemes augstienes ziemeļu – rietumu pusē. Pamatnē atrodas pamatiežu pacēlums, kas pārsegts ar kvartāra nogulumiem. Kvartāra nogulumus, galvenokārt, sastāda Virmas apledojuma glaciģēnie un glaciofluviālie nogulumi, kas veido morēnpaugurus un tos pārsedzošus atsevišķus osus.

Smilts – grants atradne „Pāvuli” ir ierīkota reljefā, labi izšķīramā osu grēdā, kas stiepjas ziemeļu – rietumu, dienvidu – austrumu virzienā. Osu grēdas platums sasniedz 800 m līdz pat 1 km, relatīvais augstums aptuveni 23 m. Zemes virsmas absolūtais augstums svārstās no 140 – 168 m v.j.l. Atradnes ģeoloģisko uzbūvi galvenokārt veido kvartāra glaciofluviālie nogulumi, kas litoloģiski pārstāvēti ar dažāda rupjuma (rupjgraudainas, vidēji graudainas, granšainas) smiltīm, grants – oļu materiālu un granti (Каменская, 1975).

Glaciģēnie nogulumi osu grēdas virspusē sastopami dažādā biezumā no 0 – 0,4 – 5,3 m, bet plaši izplatīti osa pamatnē. Visbiezākie glaciģēnie nogulumi osa virspusē sastopami osa Z un ZR daļā. Glaciģēnos nogulumus galvenokārt veido smilšmāls un mālsmilts ar smilts lēcām un starpslāņiem, kā arī sastopami atsevišķi grants, oļu un laukakmeņu ieslēgumi. Zemāk iegulošie glaciofluviālie nogulumi iezīmējas ar noteiktām rupjas grants, oļu un dažāda rupjuma smilts materiāla slāņu sajaukuma likumsakarībām, osa Z un ZR daļā. Osa robežās Z, ZR daļā vairāk izplatītas smiltis, bet centrālajā un dienvidu – austrumu daļā grants. Griezuma apakšējā daļā smilts slāņus nereti ļoti krasi nomaina grants slāņi un otrādi. Kopējais glaciofluviālo nogulumu biezums smilts – grants atradnes teritorijā ir 15,8 m (Каменская, 1975).

Griezums „Pāvulu” karjerā (no lejas uz augšu) ir sekojošs:

1. Augšējā devona Šventojas svītas nogulumi, zaļganpelēki smilšakmeņi un zaļganpelēki devona Sargajas svītas dolomīti ar merģeļu starpslāņiem, 12,1 m biezi.
2. Augstāk griezumā iegul augšējā kvartāra, Valdaja apledojuma nogulumi, ko veido glaciģēnie, glaciofluviālie, glaciolimniskie nogulumi, kuri pārklāti ar mūsdienu elūviju (Бабкин, 1968).

Glaciģēnie nogulumi, kas uzguļ glaciofluviālajiem nogulumiem, atradnes ziemeļu daļā pārstāvēti ar sarkanbrūnu mālsmilts un trekniem, bordo - sarkaniem māliem ar grants graudiem un oļiem. Atradnes centrālajā un dienvidu daļā – blīvs smilšmāls dzeltenbrūnā krāsā, ar lielu grants, oļu un laukakmeņu piejaukumu. Šo nogulumu slāņkopa atradnes Z daļā, ir neliela un svārstās no 0,3 līdz 0,8 m. DA daļā glaciģēno nogulumu biezums pieaug un sasniedz 4,7 – 6,9 m. Apakšējie glaciģēnie nogulumi (ieguloši zem smilts – grants nogulumiem) sastapti tikai vienā izstrādņē 8,2 m dziļumā un pārstāvēti ar brūnu smilšmālu ar

grants, oļu un mālainu smilšu lēcu piejaukumu. Apakšējās morēnas virsma ir nevienmērīga un krasi pazeminās Z, ZR virzienā (Бабкин, 1968).

Glaciofluviālie nogulumu sastopami un izplatīti visā atradnes griezumā. Glaciofluviālo nogulumu griezuma augšējo daļu sastāda smilts–oļu materiāls dzeltenpelēkā krāsā ar smalkgraudainas, karbonātiskas smilts starpslāņiem un lēcām gaiši pelēkā un balti pelēkā krāsā (Бабкин, 1968).

Zem rupjākā materiāla dažās vietās atrodas granšaina smilts vai smilšaina grants. Dažos izpētes šurfos 8 – 10 m dziļumā novērojama strauja rupjā materiāla samazināšanās, kopumā šī likumsakarība nav plaši izplatīta. 10 – 12 m dziļumā novērojams rupjgraudainā materiāla pieaugums līdz 50 – 75 %, pieaug arī laukakmeņu procentuālais daudzums līdz 22%. Runājot par smilts – grants materiāla iegulumu atradnē, jāpiemin, ka teritorijas ziemeļu daļā smilts – grants un grants materiāla slāņi iegūļ daudz maz horizontāli, vai nedaudz slīpi. Citviet atradnē vērojams lielāks slāņu ieguluma slīpums un pat sastopami gandrīz vertikāli novietoti slāņi. Rupjgraudainā materiāla izplatība ir gandrīz vienmērīga visā griezumā. Centrālajā atradnes daļā glaciofluviālo nogulumu biezums ir ne mazāks kā 20 m (Бабкин, 1968).

Glacioimniskie nogulumu atradnē atrasti vienā šurfā, dziļuma intervālā no 0,6 – 2,9 m, un griezuma augšdaļā pārstāvēti ar slāņotu mālsmilts dzeltenpelēkā - brūnā krāsā. Griezuma apakšdaļā iegūļ smalkgraudainas smiltis pelēkā un brūni sarkanā krāsā ar ūdeni saturošu aleirītisku smilšu starpslāņiem. Slāņi visā griezumā iegūļ horizontāli. Smilts starpslānīšu biezums svārstās no 2 – 4 cm (Бабкин, 1968).

Mūsdienu nogulumus atradnē veido augsne, kuras biezums svārstās no 0,1 – 0,6 m un elūvija nogulumu, kuru biezums nepārsniedz 0,3 – 0,5 m (Бабкин, 1968).

### **3.4. Mālu atradne "Progress"**

Ānes mālu atradne „Progress” atrodas Viduslatvijas zemienes rietumu daļā un Lielupes baseina teritorijas dienvidu daļā – Zemgales līdzenumā.

Derīgo slāņkopu Ānes mālu atradnē veido kvartāra nogulumu, kuri pārsedz pamatiežus un iedalāmi apledojuma perioda, apledojuma beigu posma un pēcapletojuma nogulumos (Васильева, 1959).

Apledojuma perioda nogulumu ( $glQ_3$ ) pārstāvēti ar pēdējā Virmas apletojuma morēnas un glaciofluviālajiem ( $fglQ_3$ ) nogulumiem. Morēna sastāv no smilšmāla, mālsmilts un smilšaina māla ar karbonātiskas un magmatiskas izcelsmes granti un oļiem. Tās biezums svārstās no 4,45 m līdz 6,0 m. Morēnu pārsedz jaunākas izcelsmes nogulumu un zemes

virspusē tā atsedzas tikai teritorijas dienvidu – rietumu daļā. Glaciofluviālie nogulumu sastāv no smiltīm ar grants un oļu ieslēgumiem. Šo nogulumu izplatība pētāmajā teritorijā ir nenozīmīga (Васильева, 1959).

Apledojuma beigu posma nogulumus (IglQ<sub>3</sub>) veido ledāja ezera slokšņu māli un smiltis. Nogulumu veidojušies atkāpjoties ledājam, kad Zemgales līdzenuma virsma bija nevienmērīgi klāta ar morēnas nogulumiem, starp kuriem, ledāja malas zonā, sakrājās ledāja kušanas ūdeņi, veidojot ezeru virkni. Ledājam nevienmērīgi kustot, ziemas un vasaras sezonās uzkrājušies slokšņu māli ar kopējo biezumu 14,0 m, smilts slāņa biezums teritorijas ziemeļos sasniedz 7,60 m, bet teritorijas dienvidu daļā pie Baltijas ledusezera krasta līnijas smiltis izķīlējās. Slokšņu mālu ziemas periodā uzkrājušies slāņi, veidoti no brūniem, tumši brūniem, ļoti trekniem un plastiskiem māliem, kuros reizēm novērojama ļoti plāna horizontāla slāņainība. Ziemas slāņu biezums svārstās no dažiem centimetriem līdz 0,45 m (Васильева, 1959).

Vasaras periodā uzkrājušies slāņi pārstāvēti ar aleirītisku mālu, daudz gaišākā krāsā. Vasaras slāņu biezums svārstās no 0,02 – 0,29 m. Šie slokšņu māli veido atradnes derīgo slāņkopu.

Pēcapledojuma (Q<sub>4</sub>) nogulumus teritorijā veido upju aluviālie nogulumu, kūdra un augsne (Васильева, 1959).

#### 4. FILTRĀCIJAS KOEFICIENTU UN GRANULOMETRISKĀ SASTĀVA SAKARĪBU PĒTĪJUMU REZULTĀTU ANALĪZE

Studējot pieejamo literatūru (Aysen, 2005, Brassington, 2007, 1988, Маслов и Комов, 1871, u.c.) par filtrācijas koeficientiem un to saistību ar smilšaino nogulumu granulometrisko sastāvu, netika izmantoti noteikti kritēriji uz ko balstīt bakalaura darbā iegūto datu analīzi, jo lielākā daļa literatūrā sastopamo sakarību starp nogulumu granulometrisko sastāvu un filtrācijas koeficientiem ir savstarpēji ļoti atšķirīgas un veidotas balstoties uz dažādām nogulumu granulometriskajām klasifikācijām. Darbā iegūto nogulumu filtrācijas koeficienti par derīgiem tālākai datu analīzei tika atzīti izmantojot šādas vidējās smilšaino nogulumu un granulometriskā sastāva sakarības:

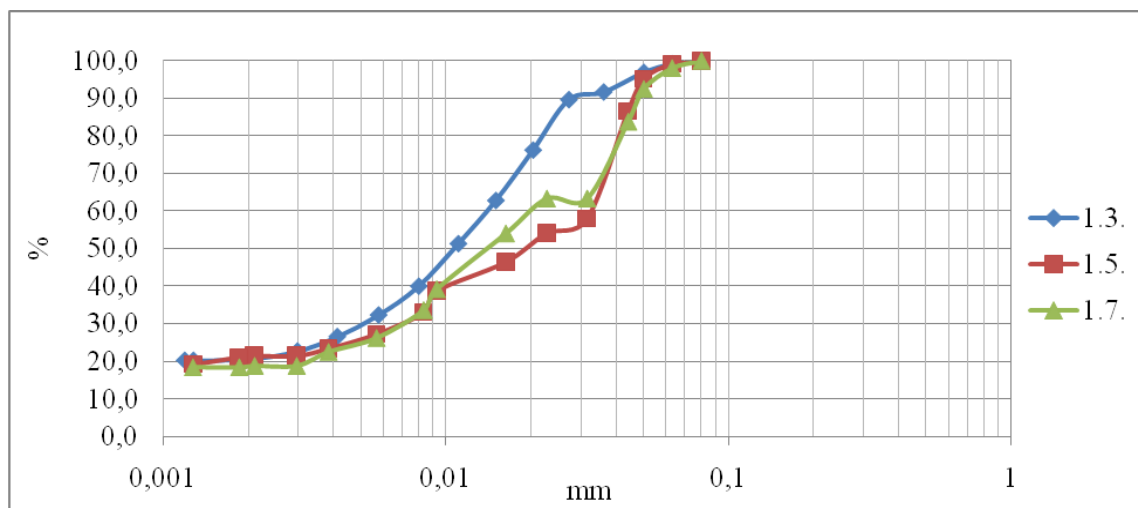
4.1. tabula

**Dažādu nogulumu filtrācijas koeficienti** (Izstrādājusi autore, izmantojot Brassington, 1988, Шварцев, 1996, Маслов и Комов, 1871)

<b>Nogulumu veids</b>	<b>Filtrācijas koeficients, k (m/dnn)</b>
Grants, rupja grants	100 – 1000, >1000
Rupjgraudaina smiltis	20-100; 50 - 200
Vidējgraudaina smiltis, vidējgraudaina – rupjgraudaina smiltis	5-20; 7 - 50
Smalkgraudaina smiltis	1-7
Aleirīts	$10^{-3}$ - 1
Māls	$10^{-8}$ - $10^{-3}$

Analizējot lauka darbu laikā iegūtos smilšaino nogulumu paraugus, pēc granulometriskā sastāva un filtrācijas koeficientiem, tie bija iedalāmi, pamatā, četrās grupās: aleirīts, smalkgraudainas smiltis, vidējgraudainas smiltis un rupjgraudainas smiltis. Nogulumu filtrācijas koeficientu un granulometriskā sastāva sakarības, pamatā, tika analizētas pa augstāk minētajām grupām.

Darbā analizēti aleirītu paraugi no 3 nogulumu slāņiem, kas iegūti Ānes mālu atradnē „Progress”. Atradnē iegūtie paraugi gan pēc granulometriskā sastāva, gan vidējiem filtrācijas koeficientiem atbilst aleirītu frakcijai. Aleirītiskais materiāls no visiem trīs nogulumu slāņiem, principā, pēc granulometriskā sastāva un filtrācijas koeficientu vērtībām ir diezgan līdzīgs. Taču šajās vērtību attiecībās iespējams izdalīt noteiktas sakarības.



4.1. attēls. Mālu atradnes „Progress” kumulatīvās līknes (Izstrādājusi autore)

Salīdzinot visus trīs paraugus, pēc kumulatīvajām līknēm (4.1.attēls), redzams, ka paraugi 1.5. un 1.7., ir savstarpēji līdzīgi, ar to rupjo daļiņu sadalījumu, bet paraugs 1.3. atšķiras ar mazāku procentuālo amplitūdu starp aleirītu frakcijas rupjajām un vidēji rupjajām daļiņām. Pievienojot šim salīdzinājumam materiāla filtrācijas koeficientus (4.2. tabula), redzams, ka nosacīti vislielākais filtrācijas koeficients ir aleirītiskajam materiālam ar parauga numuru 1.7. – 0,0037 m/dnn, pārējiem diviem paraugiem 1.5. un 1.3. filtrācijas koeficienti ir ļoti līdzīgi, attiecīgi, 0,0013 un 0,002 m/dnn. Šādu atšķirību starp filtrācijas koeficientiem ir iespējams izskaidrot ar rupjo un smalko daļiņu procentuālo sadalījumu paraugā. Proti, paraugam ar vislielāko filtrācijas koeficientu – 0,0037 m/dnn ir vislielākais rupjo daļiņu – smalkas smilts daļiņu īpatsvars – 7,49% un, attiecīgi, vismazāk māla daļiņu – 18,52%. Abiem pārējiem paraugiem rupjo daļiņu ar izmēru 0,2 – 0,06 mm ir gandrīz par 3% mazāk, bet māla daļiņu, vidēji, par 2 % vairāk. Ļoti līdzīga situācija ar filtrācijas koeficientu attiecībām ir analizēto nogulumu, laboratorijā veidotajiem, jauktas struktūras paraugiem. Tāpat kā netraucētajām struktūrām, arī jauktajām, visaugstākais filtrācijas koeficients tika fiksēts paraugam 1.7. – 0,0142 m/dnn (1. pielikums), bet paraugiem 1.5. un 1.3., attiecīgi mazāk – 0,0038 un 0,0047 m/dnn.

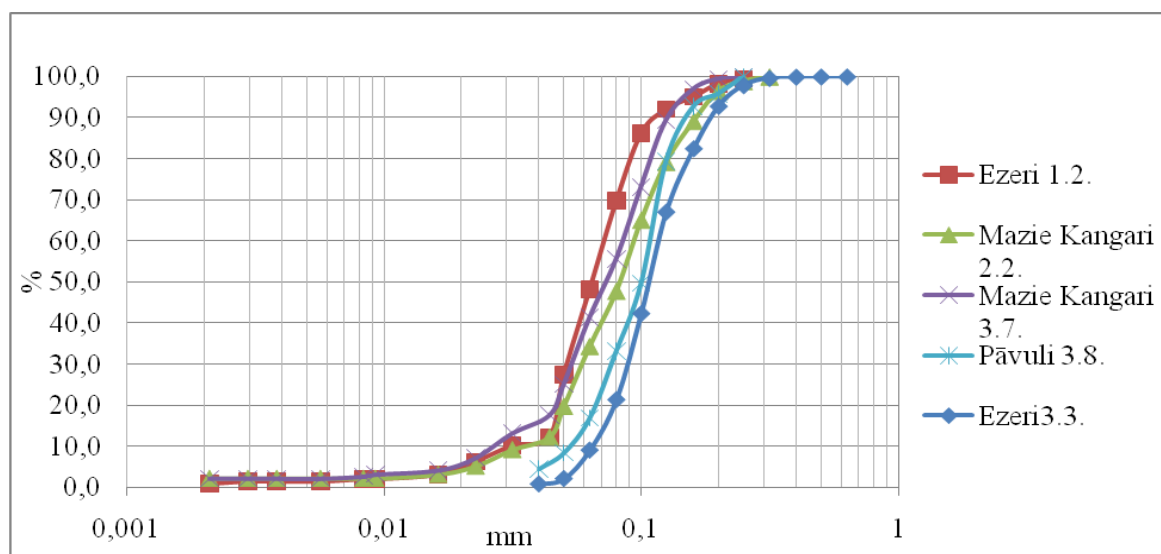
Analizētajos aleirītiskajos paraugos, starpības starp filtrācijas koeficientiem un granulometrisko sastāvu nav ļoti lielas, bet šajā gadījumā var teikt, ka atšķirības starp konkrētā materiāla granulometrisko sastāvu un filtrācijas koeficientiem rada, tik pat neliels, māla daļiņu masas pieaugums par 2 – 3%.

## Mālu atradnes „Progress” paraugu filtrācijas koeficienti un granulometriskais sastāvs

(Izstrādājusi autore)

Parauga nr.	Filtrācijas koeficients, $k$ ( m/dnn)	Frakciju procentuālais sadalījums mm,%						Māls
		Smilts frakcija			Aleirītu frakcija			
		Rupja	Vidēji rupja	Smalka	Rupja	Vidēji rupja	smalka	
		2 – 0,6	0,6 – 0,2	0,2 – 0,06	0,06 – 0,02	0,02 – 0,006	0,006 – 0,002	<0,002
1.7.	0,0037			7,49	38,41	31,5	4,8	18,52
1.5.	0,0013			4,81	48,74	23,04	2,3	21,12
1.3.	0,002			3,11	34,13	30,51	12,09	20,15

Pēc līdzīgiem principiem tika analizēti arī darba gaitā ievāktie smalkgraudainās smilts paraugi, kas iegūti visās darbā izmantotajās smilts – grants atradnēs. Kopumā, šajā grupā, analizēti 5 smalkgraudainās smilts paraugi – pa diviem no „Ezeru” un”Mazo Kangaru” atradnēm un viens no „Pāvulu” atradnes. Trīs paraugiem – „Ezeri” 1.2., „Mazie Kangari” 2.2. un”Mazie Kangari” 3.7. granulometriskā analīze veikta izmantojot arī hidrometra metodi, kas uzskatāmi parādīts 4.2. attēlā.



4.2. attēls. Smalkgraudaino smilšu kumulatīvās līknes (Izstrādājusi autore)

Aplūkojot smalkgraudaino smilšu filtrācijas koeficientu un granulometriskā sastāva analīžu rezultātus (4.3. tabula), starp visām  $k$  vērtībām izceļas paraugs 3.3. no „Ezeriem” ar filtrācijas koeficientu 5,17 m/dnn. Pārējiem paraugiem filtrācijas koeficienti ievērojami mazāki. „Ezeru” 3.3. augsto filtrācijas koeficientu iespējams izsākot ar labo materiāla šķīrotību, dominējošo smalkgraudainās smilts frakciju, – vairāk kā 90%, un ļoti minimālo, – 2,15%, aleirītu frakcijas daudzumu. Pēc granulometriskā sastāva diezgan līdzīgs „Ezeru” 3.3.

paraugam ir „Pāvulu” 3.8. paraugs. Tāpat kā „Ezeros”, arī šeit izteikti dominē smalkgraudaino smilšu frakcija, – vairāk kā 84%, un salīdzinoši ļoti maz, – tikai 8,34%, ir rupjo aleirīta daļiņu. Bet atšķirību starp šiem paraugiem veido filtrācijas koeficients, kas „Pāvulu” 3.8. paraugam ir 2,51 m/dnn. To, iespējams, var pamatot ar aršķirībām aleirītu rupjās frakcijas sadalījumā. Savukārt „Mazo Kangaru” paraugs 2.2. ir ļoti līdzīgs „Pāvulu” 3.8. paraugam ar filtrācijas koeficienta vērtību – 2,38 m/dnn. Granulometriski „Mazo Kangaru” 2.2. paraugs no „Pāvulu” smalkgraudainās smilts atšķiras ar smalkgraudainās smilts frakcijas dominantes samazināšanos, aleirīta rupjās frakcijas procentuālo pieaugumu un smalkāko aleirīta frakciju un māla daļiņu parādīšanos. Šīs granulometriskā sastāva atšķirības, konkrēti, aleirīta frakcijas pieaugums, tiešā veidā ietekmē to, ka „Kangaru” 2.2. parauga  $k$  vērtība ir nedaudz mazāka par „Pāvulu” koeficienta vērtību.

4.3. tabula

**Smalkgraudaino smilšu filtrācijas koeficienti un granulometriskais sastāvs (Izstrādājusi autore)**

Parauga nr.	Filtrācijas koeficients, $k$ (m/dnn)	Frakciju procentuālais sadalījums mm, %						
		Smilts frakcija			Aleirītu frakcija			Māls
		Rupja	Vidēji rupja	Smalka	Rupja	Vidēji rupja	Smalka	
		2 – 0,6	0,6 – 0,2	0,2 – 0,06	0,06 – 0,02	0,02 – 0,006	0,006 – 0,002	<0,002
“Ezeri” 3.3.	5,17	0,01	7,15	90,67	2,15			
“Ezeri” 1.2.	1,62		1,73	70,82	24,35	1,63	1,43	
“Mazie Kangari” 2.2.	2,38		3,5	76,73	16,54	1	0,8	1,4
“Mazie Kangari” 3.7.	1,92		0,61	74,28	20,91	2	0	3
“Pāvuli” 3.8.	2,51		7,31	84,26	8,34			

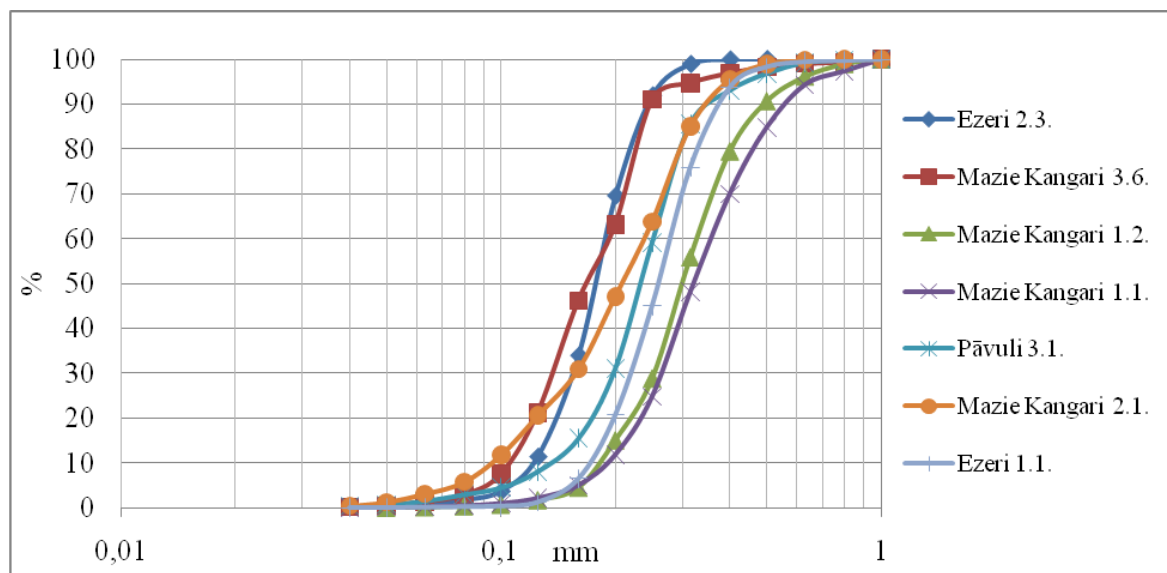
Pārējie divi smalkgraudainās smilts paraugi – “Ezeri” 1.2. un “Mazie Kangari” 3.7., pēc filtrācijas koeficientiem, attiecīgi, 1,62 un 1,92 m/dnn, ir samērā līdzīgi. Granulometriskajā sastāvā to galvenā atšķirība ir aleirītu frakcijas un māla daļiņu sadalījums, proti, paraugā “Ezeri” 1.2. aleirīta rupjā frakcija ir nedaudz vairāk kā 24%, bet vidējā un smalkā frakcija – 1,63% un 1,43%, savukārt paraugā “Mazie Kangari”, gandrīz, par 4% mazāk ir aleirīta rupjās frakcijas, bet, aptuveni par tādu pašu proporciju, ir pieaudzis māla daļiņu daudzums.

Meklējot kopsakarības starp analizētajiem smalkgraudainās smilts filtrācijas koeficientiem un granulometrisko sastāvu, nākas secināt, ka šim materiālam, vislielāko

ietekmi uz filtrācijas koeficientu rada aleirītu frakcijas daļiņas. Izmainoties aleirīta rupjo daļiņu daudzumam, ievērojami mainās arī filtrācijas koeficientu vērtības. Skaitliski visizteiktāk šī sakarība redzama starp paraugiem „Ezeri” 3.3. un „Pāvuli” 3.8., kur pieaugot aleirīta rupjajai frakcijai par, aptuveni, 6%, filtrācijas koeficients samazinās vairāk kā par 2 m/dnn. Jeb velkot paralēles ar pārējiem paraugiem – par robežu, kas smalkgraudainas smilts materiālā būtiski maina  $k$  vērtības, var uzskatīt aleirīta daļiņu daudzuma palielināšanos līdz 8% no kopējās parauga masas. Šo sakarību daļēji varētu arī pamatot izmantojot jaukto struktūru filtrācijas koeficientus (1. pielikums) un blīvumus. Jaukto struktūru filtrācijas koeficientu vērtības, lieluma ziņā, ieņem tādu pašu secību, kā netraucēto struktūru koeficienti, proti, vislielākā jaukto struktūru  $k$  vērtība 6,57 m/dnn ir paraugam „Ezeri” 3.3., otra lielākā vērtība ir „Pāvulu” 3.8. paraugam – 3,0 m/dnn. Šīs  $k$  vērtības nedaudz pārsniedz netraucēto struktūru  $k$  lielumus, jo materiāla labās šķirofības dēļ, ar metodi, kura tika izmantota, nebija iespējams paraugus sablīvēt līdz tādai pakāpei kā tas ir dabiskā sagulumā (1. pielikums). Savukārt pārējās trīs jaukto struktūru  $k$  vērtības, tika iegūtas ievērojami mazākas kā netraucētajām struktūrām, attiecīgi, 0,05 m/dnn un 0,02 m/dnn „Mazajiem Kangariem” 3.7. un 2.2., bet „Ezeru” 1.2. paraugam – 0,0142 m/dnn. Šīs jaukto struktūru mazās  $k$  vērtības var pamatot ar materiāla ne tik augsto šķirofības pakāpi un ar krietni lielāku smalko daļiņu īpatsvaru, kas dod iespēju to labāk sablīvēt.

Trešā nogulumu grupa pēc granulomtriskā sastāva un filtrācijas koeficientiem, kas tika analizēta, bija vidējgraudaino smilšu grupa (4.3. attēls). Vidējgraudainās smilts paraugi, tāpat kā smalkgraudainās, noņemti visās darbā izmantotajās smilts – grants atradnēs. Kopumā šajā grupā analizēti septiņi paraugi, no kuriem divi ņemti „Ezeru”, četri „Mazo Kangaru” un viens „Pāvulu” atradnēs.





4.3. attēls. Vidējgraudaino smilšu kumulatīvās līknes (Izstrādājusi autore)

Visi darbā analizētie vidējgraudainās smilts paraugi, pēc nevienādības koeficienta (4.4. tabula) veido viendabīgu smilti (smilts ir viendabīga, ja  $C_u$  ir robežās no 0 – 3).

4.4. tabula

**Smilšaino nogulumu nevienādības koeficienti** (Izstrādājusi autore, izmantojot Indāns, u.c., 1986)

Paruga nr.	$D_{60}$	$D_{10}$	$C_u$
"Ezeri" 1.2.	0,08	0,04	2
"Ezeri" 1.1.	0,315	0,2	1,57
"Ezeri" 2.3.	0,2	0,125	1,6
"Ezeri" 3.3.	0,125	0,063	1,98
"Mazie Kangari" 1.2.	0,4	0,2	2
"Mazie Kangari" 1.1.	0,4	0,2	2
"Mazie Kangari" 2.2.	0,1	0,04	2,5
"Mazie Kangari" 2.1.	0,25	0,1	2,5
"Mazie Kangari" 3.6.	0,2	0,1	2
"Pāvuli". 1.2.	1	0,4	2,5
"Pāvuli" 2.6.	0,63	0,315	2
"Pāvuli" 3.8.	0,125	0,063	1,98
"Pāvuli" 3.1.	0,25	0,125	2

Salīdzinot visu septiņu paraugu filtrācijas koeficientus, viskrasāk to vidū izceļas paraugs „Mazie Kangari” 1.1. ar visaugstāko filtrācijas koeficientu 50,83 m/dnn (4.5.tabula). Šis paraugs citu starpā izceļas ne tikai ar augsto  $k$  vērtību, bet arī ar vislielāko rupjas smilts daļiņu īpatsvaru, aptuveni, 15%. Smalkas smilts un aleirīta daļiņas veido ļoti niecīgu daļu no parauga, tādejādi nespējot būtiski ietekmēt tā filtrācijas koeficienta augsto vērtību. Teorētiski, šāda filtrācijas koeficienta vērtība atrodas uz robežas starp vidējgraudainu smilti un rupjgraudainu smilti (4.1. tabula). „Mazo Kangaru” 1.1. paraugam granulometriski diezgan līdzīgs ir paraugs „Mazie Kangari” 1.2., proti, abiem paraugiem ir gandrīz identisks

smalko smilts un aleirīta daļiņu sadalījums, veidojot aptuveni 5 % no parauga masas, bet rupjo daļiņu procentuālais sadalījums atšķiras par nepilniem 6% - līdz ar to, paraugam 1.2. veidojot 9,37% no masas. Ja salīdzina šo paraugu vidējās filtrācijas koeficientu vērtības – paraugam 1.2. tā ir krietni mazāka – 31,48 m/dnn. Šo lielo vērtību starpību iespējams skaidrot ar augstāk minētajiem 6% rupjo smilts daļiņu. Nākamais, ar ievērojami augstāku filtrācijas koeficientu – 44,13 m/dnn., iezīmējas „Pāvulu” 3.1. paraugs. Salīdzinot šī parauga granulometrisko sastāvu un filtrācijas koeficientu ar paraugu „Mazie Kangari” 1.1. (4.5. tabula), redzams, ka „Pāvulu” paraugam ir krietni mazāk rupjo smilts daļiņu, bet attiecīgi krietni vairāk, vidēji par 10%, smalko smilts daļiņu. Šajā gadījumā atšķirības starp vidējām k vērtībām var pamatot ar smalko daļiņu pieaugumu par 10%.

4.5. tabula

**Vidējgraudaino smilšu filtrācijas koeficienti un granulometriskais sastāvs (Izstrādājusi autore)**

Parauga nummurs	Filtrācijas koeficients, k (m/dnn)	Frakciju procentuālais sadalījums mm,%			
		Smilts frakcija			Aleirītu frakcija
		Rupja	Vidēji rupja	Smalka	Rupja
		2 – 0,6	0,6 – 0,2	0,2 – 0,06	0,06 – 0,02
"Ezeri" 2.3.	30,07	0	66,07	33,53	0,4
"Ezeri" 1.1.	34,57	1,67	91,86	6,43	0,04
"Mazie Kangari" 1.2.	31,48	9,37	86,04	4,49	0,1
"Mazie Kangari" 1.1.	50,82	15,19	79,78	4,89	0,14
"Pāvuli" 3.1.	44,13	3,16	81,35	14,74	0,75
"Mazie Kangari" 2.1.	16,38	1,1	68	29,61	1,29
"Mazie Kangari" 3.6.	14,8	1,78	52,02	45,76	0,44

Salīdzinot paraugus „Ezeri” 2.3. un 1.1., ar iepriekš analizētajiem paraugiem, redzams, ka to filtrācijas koeficientu vērtības, 30,07 un 34,57 m/dnn, ir diezgan tuvas parauga „Mazie Kangari” 1.2. vidējai k vērtībai. Aplūkojot paraugu „Ezeri” 2.3., 1.1. un „Mazie Kangari” 1.2. filtrācijas koeficientu un granulometriskā sastāva sakarības, jāņem vērā, ka to starpā pastāvošās k vērtību atšķirības, vidēji, 4 m/dnn, vidējgraudainas smilts grupā nav īpaši lielas, un tās pamatā ietekmē nelielās atšķirības smalko daļiņu procentuālajā sadalījumā. Kas attiecas uz paraugu „Ezeri” 2.3., tas pēc 4.5. tabulā dotajiem frakciju procentuālā sadalījuma

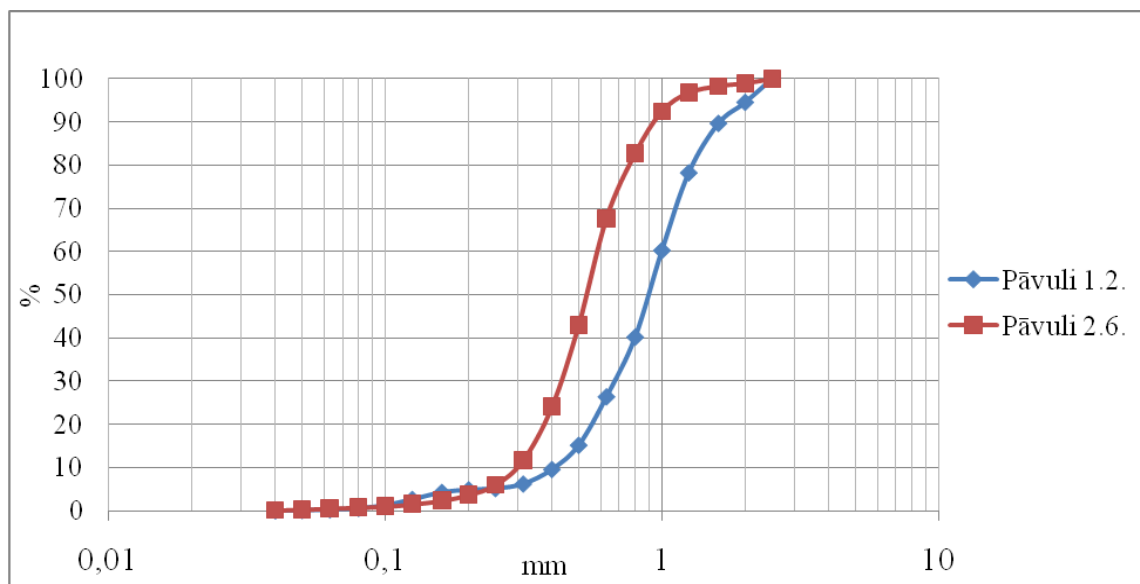
datiem, ievērojami atšķiras no pārējiem diviem paraugiem („Ezeri 1.1., „Mazie Kangari” 1.2.). Šajā gadījumā paraugs jāanalizē sīkāk, skatoties tā granulometrisko sastāvu pēc daļiņu izmēriem (2. pielikums), nevis apvienotu frakcijās. Skatoties daļiņu procentuālo sadalījumu paraugā un pārkāpjot noteiktās frakcijas robežas, paraugam „Ezeri” 2.3. izteiktu procentuālo dominanti veido daļiņas ar izmēriem 0,25, 0,2 un 0,16 mm, sastādot 80,55% no kopējā parauga masas. Tātad arī šī parauga filtrācijas koeficienta vērtību, lielos vilcienos, nosaka pamatā viena, dominantā „vidējrupjas – smlkas” smilts frakcija, ar nelielām izmaiņām rupjāko un smalkāko daļiņu procentuālajā sastāvā.

Vismazākās vidējās filtrācijas koeficientu vērtības vidējgraudainas smilts grupā uzrādīja paraugi „Mazie Kangari” 2.1. un 3.6., attiecīgi, 16,38 un 14,8 m/dnn. Šajā gadījumā, salīdzinājumā ar pārējiem paraugiem, mazās  $k$  vērtības iespējams izskaidrot ar ievērojamu smalkās smilts daļiņu pieaugumu un arī procentuāli mazāku vidēji rupjo daļiņu daudzumu paraugā. Pieaugot smalkās smilts daļiņām par nepilniem 30% un 45% paraugos 2.1. un 3.6., filtrācijas koeficientu vidējās vērtības samazinās līdz 16,38 un 14,8 m/dnn.

Skatoties kopumā vidējgraudainas smilts grupas filtrācijas koeficientus un granulometriskā sastāva sadalījumu, konkrētajā gadījumā, iespējams izdalīt divas likumsakarības, – paraugiem, kuriem ir ļoti līdzīgs smalko daļiņu procentuālais sadalījums, bet atšķirīgs rupjo daļiņu sadalījums, filtrācijas koeficients būtiski mainās rupjo daļiņu daudzumam izmainoties par, aptuveni, 6% (paraugi „Mazie Kangari” 1.1., 1.2.), un paraugiem, kuriem rupjās daļiņas veido niecīgu procentu no kopējās masas (paraugi „Mazie Kangari” 2.1., 3.6.; „Ezeri” 1.1.), filtrācijas koeficientu būtiski, vairāk kā par 20 m/dnn, spēj ietekmēt smalko daļiņu pieaugums par 15 – 20%.

Salīdzinot netraucēto struktūru filtrācijas koeficientus ar jaukto struktūru koeficientiem (1. pielikums), redzams, ka daļai paraugu filtrācijas koeficienti ļoti līdzīgi, daļai ir daudzkārt mazāki, bet dažas  $k$  vērtības pārsniedz dabisko struktūru koeficientus. Šādas atšķirības skaidrojamas ar paraugu spēju sablīvēties un atšķirībām starp blīvumu dabiskā sagulumā un jauktā struktūrā.

Rupjgraudaino smilšu grupā kopumā tika analizēti tikai divi paraugi, kas ņemti smilts – grants atradnē „Pāvuli”. Neskatoties uz to, ka abi paraugi ir viendabīgas (4.4. tabula) rupjgraudainas smiltis (4.4. attēls), pēc granulometriskā sastāva tie tomēr ir visai atšķirīgi, kas ietekmē arī to lielo filtrācijas koeficientu vērtību starpību, aptuveni, 100 m/dnn. Šādi filtrācijas koeficientu lielumi un to starpības rupjgraudainas smilts paraugiem ir dabiskas, jo šādas frakcijas nogulumiem filtrācijas koeficients var svārstīties robežās no 20 – 200 m/dnn (Brassington, 1988, Шварцев, 1996).



4.4. attēls. Rupjgraudaino smilšu kumulatīvās līknes (Izstrādājusi autore)

Salīdzinot abu „Pāvulu” paraugu, 1.2. un 2.6., granulometriskos sastāvus un vidējās filtrācijas koeficientu vērtības (4.6.tabula), redzams, ka paraugs 2.6. ir ar mazāku vidējo  $k$  vērtību – 131,31 m/dnn, bet paraugs 1.2. krietni lielāku – 236,69 m/dnn. Pamatojoties uz vispārzināmu faktu, ka, jo smalkgraudaināks materiāls, jo mazāki tā filtrācijas koeficienti, arī šo paraugu filtrācijas koeficientus iespējams salīdzināt un analizēt pēc parauga smalko daļiņu procentuālā sadalījuma. Smalkāko daļiņu – smalkas smilts un rupja aleirīta frakciju daudzums paraugos ir ļoti niecīgs un nepārsniedz 5% no kopējās parauga masas, tāpēc šajā gadījumā, atsevišķi, netika ņemts vērā. Vidēji rupjas smilts frakcija paraugos sasniedz ievērojami lielāku procentuālo daudzumu. Paraugā 2.6. tā veido vairāk kā 40%, bet paraugā 1.2. vairāk kā 10% no kopējās parauga masas, bet rupjas smilts daļiņas, kā dominantā frakcija, attiecīgi, paraugā 2.6. ir 56%, bet 1.2. – vairāk kā 79%. Izejot no šiem datiem, var interpretēt, ka parauga 2.6. zemo filtrācijas koeficientu, būtiski, ietekmē vidēji rupjās smilts frakcija, kas, attiecībā, pret paraugu 1.2. ir par 30% vairāk. Bet, būtiski ir peiminēt arī smalkas grants frakciju, kas paraugā 2.6. veido ~ 1%, bet paraugā 1.2. vairāk kā 5,48%.

Salīdzinot netraucēto struktūru filtrācijas koeficientus ar jaukto struktūru koeficientiem (1. pielikums), to attiecība ir līdzīga, paraugam 2.6.  $k$  vidējā vērtība ir mazāka – 112,46 m/dnn, bet paraugam 1.2., attiecīgi, lielāka – 166,30 m/dnn. Šādu koeficientu atšķirību var skaidrot gan ar izmaiņām paraugu blīvumā (1. pielikums), gan augstāk minētajām atšķirībām granulometrijā sastāvā, jo paraugam kuram, dabiski, ir mazāks filtrācijas koeficients, attiecīgi, ir lielāks smalko daļiņu īpatsvars, līdz ar to to ir iespējams labāk sablīvēt, nekā paraugu, kuram smalko daļiņu ir procentuāli maz.

**Rupjgraudaino smilšu filtrācijas koeficienti un granulometriskais sastāvs (Izstrādājusi autore)**

Parauga nummurs	Filtrācijas koeficients, $k$ (m/dnn)	Frakciju procentuālais sadalījums mm,%				
		Grants frakcija	Smilts frakcija			Aleirītu frakcija
		Smalka	Rupja	Vidēji rupja	Smalka	Rupja
		6 – 2	2 - 0,6	0,6 - 0,2	0,2 - 0,06	0,06 - 0,02
2.6.	131,31	1,03	56,03	40,59	2,05	0,3
1.2.	236,69	5,48	79,36	10,9	4,17	0,09

Šajā gadījumā, analizējot doto rupjgraudainās smilts paraugu filtrācijas koeficientus un granulometriskā sastāva sakarības, faktu, ka šīs frakcijas nogulumu filtrācijas koeficientus spēj būtiski ietekmēt vidēji rupjas smilts daļiņu daudzuma izmaiņas par 30%, var pieņemt tikai kā hipotēzi, jo uzskatāmiem un drošiem rezultātiem, vajadzīgs apstrādāt un iegūt datus no krietni vairāk nekā diviem paraugiem.

## SECINĀJUMI

Bakalaura darba izstrādes gaitā ir veiksmīgi izpildīti darba sākumā izvirzītie darba uzdevumi un rezultātā sasniegts darba mērķis – iespēju robežās ir apzinātas filtrācijas koeficientu un granulometriskā sastāva sakarības ļoti smalkgraudainiem līdz rupjdraudainiem smilšainajiem nogulumiem.

Bakalaura darba noslēgumā, analizējot darba gaitā paveikto un visus iegūtos rezultātus tika izdarīti sekojoši secinājumi:

- Aleirītam filtrācijas koeficientu, ņemot vērā, ka tas dabiski ir ļoti mazs un parasti nepārsniedz 1 m/dnn, manāmi spēj izmainīt māla daļiņu daudzuma izmaiņas par 2 – 3%;
- Labi šķīrotai smalkgraudainai smiltij filtrācijas koeficients ievērojami, par 2 m/dnn, samazinās aleirītisko daļiņu daudzumam pieaugot līdz 8% no parauga kopējās masas;
- Vidējgraudainām smiltīm starp filtrācijas koeficientiem un granulometriskā sastāva sadalījumu, iezīmējas divas likumsakarības, – paraugiem, kuriem ir ļoti līdzīgs smalko daļiņu procentuālais sadalījums, bet atšķirīgs rupjo daļiņu sadalījums, filtrācijas koeficients būtiski mainās rupjo daļiņu daudzumam izmainoties par, aptuveni, 6%, un paraugiem, kuriem rupjās daļiņas veido niecīgu procentu no kopējās masas, filtrācijas koeficientu būtiski spēj ietekmēt smalko daļiņu pieaugums par 15 – 20%, abos gadījumos filtrācijas koeficients mainās par 20 un vairāk metriem diennaktī;
- Hipotētiski iespējams pieņemt, ka rupjgraudainām smiltīm filtrācijas koeficientu vērtības būtiski, par 100 m/dnn, ietekmē vidēji rupjas smilts daļiņu daudzuma izmaiņas par 30%;
- Smalkgraudainiem un ļoti smalkgraudainiem nogulumiem filtrācijas koeficientus būtiski spēj ietekmēt mazāks procentuālais, attiecīgi, smalkāku daļiņu daudzums, nekā vidējgraudainos un rupjgraudainos nogulumiežos;
- Visuzskatāmāk sakarības starp filtrācijas koeficientiem un granulometrisko sastāvu iespējams noteikt materiālam ar augstāku šķīrotības pakāpi;
- Nogulumu blīvuma izmaiņas visbūtiskāk ietekmē smalkgraudainus un aleirītiskus nogulumus, radot to filtrācijas koeficientiem ievērojami lielākas vērtību amplitūdas, nekā vidēji rupjgraudainos un rupjgraudainos nogulumos;

- Savstarpēji salīdzinot kopējās netraucēto un jaukto struktūru filtrācijas koeficientu vērtības, reizēm paraugiem ar ļoti līdzīgiem blīvumiem („Pāvuli” 2.6., „Ezeri” 1.1.), filtrācijas koeficienti, pēc paraugu blīvēšanas, ir krietni atšķirīgāki nekā tam teorētiski vajadzētu būt, šādā gadījumā, nākas secināt, ka ne tikai daļiņu izmēri būtiski spēj ietekmēt filtrācijas koeficientus, bet arī to orientācija.

Nākotnē turpinot un pilnveidojot šo pētījumu, ir vairākas iespējas kā tālāk to attīstīt. Viena no tām, turpināt jau aizsākto, bet, viennozīmīgi, palielinot analizējamo paraugu apjomu, lai rezultātos skaidri iezīmētos pastāvošās filtrācijas koeficientu un granulometriskā sastāva sakarības, un ņemot vērā arī citus filtrācijas koeficientu ietekmējošus faktorus, piemēram, blīvumu, porainību, aktīvo porainību, iespējams, pievērst uzmanību graudu orientācijai, un citus. Otra iespēja ir nedaudz tehniskāka, tās realizācijas gadījumā, paraugi filtrācijas koeficientu un granulometriskā sastāva noskaidrošanai, tiktu veidoti laboratorijā, ņemot divas tīras, vienu par otru smalkākas, frakcijas un pēc noteiktām proporcijām jaucot tās kopā, rezultātā tiktu iegūtas konkrētas smalko daļiņu procentuālās vērtības, kas spēj būtiski izmainīt smilšaino nogulumu filtrācijas koeficientus.

## PATEICĪBAS

Darba autore vēlas izteikt pateicību darba zinātniskajai vadītājai Dr. Ģeol. Aijai Dēliņai par sniegtajām konsultācijām, norādījumiem un idejiskajiem risinājumiem darba izstrādes gaitā un par palīdzību lauka darbos, M. ģeol. Andrim Karpovičam par konsultāciju, sniegtajām idejām un palīdzību lauka darbos, Baibai Ragai par palīdzību lauka darbos un bakalaura darba izstrādē, Dzērbenes vidusskolas direktorei Marijai Grinbergai par izpratni un sniegto atbalstu bakalaura darba izstrādē, Līgitai Ridūzei un Artūram Stankēvičam par palīdzību lauka darbos.

Autore vēlas pateikties arī savai ģimenei par sniegto neatsveramo palīdzību, atbalstu, sapratni un pacietību.

Autore izsaka pateicību arī AS „Latvijas valsts meži” par sniegto finansiālo atbalstu darba izstrādes laikā un doto iespēju veikt lauka darbus LVM piederošās smilts – grants atradnēs “Mazie Kangari” un “Ezeri”, Latvijas Universitātes projektam „Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem”, projekta LU reģistrācijas Nr. ESS2009/81, par sniegto materiālo atbalstu.



## LITERATŪRAS SARAKSTS

### Publicētie avoti

- Aysen A., 2005. *Soil mechanics. Basic concepts and engineering applications*. New York, Taylor and Francis. 457. p.
- Brassington R., 2007. *Field hydrogeology. The geological field guide series*. Hoboken, John Wiley & Sons. 264. p.
- Brassington R., 1988. *Field Hydrogeology. Geological Society of London Handbook Series*. [S.l.], Open University Press.
- Dzērve U., 2007. *Tabulas un formulas fizikā*. Lielvārde, Izdevniecība „Lielvārds”. 72. Lpp.
- Fratta D., Aguetant J., Roksel – Smith L., 2007. *Introduction to soil mechanics laboratory testing*. Boca Raton, CRC Press. 229. p.
- Furbish D., 1996. *Fluid physics in geology: An introduction to fluid motions on Earth's surface and within its crust*. Oxford, Oxford University Press. 497. p.
- Hua Chen F., 2000. *Soil Engineering. Testing, desing and remediation*. Florida, CRC Press. 288. p.
- Indāns A., Ošiņa J., Zobena A., 1986. *Inženierģeoloģija*. Rīga, Izdevniecība „Zvaigzne”. 278. lpp.
- Maldavs Z. , 1964. *Pazemes ūdens*. Rīga, Latvijas Valsts izdevniecība. 236. lpp.
- Todd David K., Mays Larry W., 2005. *Groundwater hydrology, Third edition*. Hoboken, John Wiley & Sons, Inc, 636. p.
- Sanders Laura L., 1998. *A manual of field hydrogeology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, 108. – 111. p.
- Smith Keith A., Mullins Chris E., 2000. *Soil and Environmental Analysis: Physical Methods (2nd Edition)*. New York, Marcel Dekker Incorporated. 650. p.
- De Wiest Roger J. M., 1969. *Гидрогеология с основами гидрологии суши*. Москва, Издательство «МИР». 311. с.
- Пыхачев Г. Б., 1961. *Подземная гидравлика*. Москва, Государственное научно – техническое издательство нефтяной и горно – топливной литературы, 387. с.
- Шварцев С. Л., 1996. *Общая гидрогеология*. Москва, Издательство «Недра». 422. с.
- Маслов Н. Н., Комов М. Ф., 1971. *Инженерная геология*. Москва, Издательство литературы по строительству, 85. – 86., 89. с.

## **Nepublicētie avoti**

Ābolts J. 2004. *Pārskats par ģeoloģiskās izpētes darbiem Rīgas rajona, Allažu pagasta smilts – grants atradnē „Mazie Kangari” VI laukums*. Rīga. VGD fonds, inv. Nr. 14677. 27. lpp.

Bernāns A. 1999. *Pārskats par ģeoloģiskās izpētes darbiem Ezeru smilts – grants atradnē*. Rīga. VGD fonds, inv. Nr. 12125. 19. lpp.

Бабкин П. С. 1968. *Отчет о поисках и разведке песчано – гравийных месторождений в Цесиском районе. Том I*. Рига. VGD fonds, inv. Nr. 7908. 264. с.

Каменская Ю. 1975. *Отчет о разведке песчано – гравийного месторождения «Павули» в Цесиском районе Латвийской ССР*. Рига. VGD fonds, inv. Nr. 11850. 28. с.

Васильева А. Н. 1959. *Отчет о геологоразведочных работах, произведенных на месторождении глины «Прогресс». Том I*. Рига. VGD fonds, inv. Nr. 2125. 90 с.

## **Kartogrāfiskie materiāli**

ORTOFOTO3. *LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto krāsu mozaīka*. LU ĢZZF WMS. 10.03.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>.

## **Elektroniskie resursi**

Eijkelkamp agrisearch equipment, 2008., *Soil water permeability test, instructions*. Sk. 26.03.2010. Pieejams <http://www.eijkelkamp.com/Portals/2/Eijkelkamp/Files/Manuals/M1-0902e%20Laboratory%20permeameters.pdf>

RESRAD [Bez. dat]. *Hydraulic conductivity*. Sk. 02.03.2010. Pieejams <http://web.ead.anl.gov/resrad/datacoll/conuct.htm>

IUPUI Department of Earth Sciences [Bez. dat.]. *Particle size determination (Pipette method)*. Sk. 12.05.2010. Pieejams <http://www.geology.iupui.edu/research/SoilsLab/procedures/psd/#Method>

## 1. pielikums

Smilšaino nogulumu litoloģiskie tipi, vidējo filtrācijas koeficientu un blīvumu dati (Izstrādājusi autore)

Paruga nr.	Litoloģiskais tips	Netraucētas struktūras filtrācijas koeficients (k, m/dnn)	Jauktas struktūras filtrācijas koeficients (k, m/dnn)	Netraucētas struktūras blīvums, kg/m <sup>3</sup>	Jauktas struktūras blīvums, kg/m <sup>3</sup>
"Ezeri" 1.2.	Smalkgraudaina smilts	1,62	0,0142	1430,2	1460
"Ezeri" 1.1.	Vidējgraudaina smilts	34,57	56,42	1395	1383
"Ezeri".2.3.	Vidējgraudaina smilts	34,07	30,35	1380,2	1416,3
"Ezeri" 3.3.	Smalkgraudaina smilts	5,17	6,57	1576,8	1457,3
"Mazie Kangari" 1.2.	Vidējgraudaina smilts	31,48	12,61		
"Mazie Kangari" 1.1.	Vidējgraudaina smilts	50,82	29,31		
"Mazie Kangari" 2.2.	Smalkgraudaina smilts	2,38	0,02		
"Mazie Kangari" 2.1.	Vidējgraudaina smilts	16,38	12,03		
"Mazie Kangari" 3.7.	Smalkgraudaina smilts	1,92	0,05		
"Mazie Kangari" 3.6.	Vidējgraudaina smilts	14,80	6,37		
"Pāvuli" 1.2.	Rupjgraudaina smilts	236,69	166,30	1483,5	1561,2
"Pāvuli" 2.6.	Rupjgraudaina smilts	131,31	112,46	1558,9	1541,7
"Pāvuli" 3.8.	Smalkgraudaina smilts	2,51	3,00	1521,8	1459,8
"Pāvuli" 3.1.	Vidējgraudaina smilts	44,13	45,04	1478,8	1434,2
"Progress" 1.7.	Aleirīts	0,0037	0,0142		
"Progress" 1.5.	Aleirīts	0,0013	0,0038		
"Progress" 1.3.	Aleirīts	0,0020	0,0047		

**2. pielikums. Paraugu granulometriskais sastāvs (%) (Izstrādājusi autore)**

Par. nr	Frakciju izmēru procentuālais sadalījums μm, smilts – grants atradnē „Ezeri”														
	>1000	800	630	500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	<50
3.3.			0,01	0,04	0,3	1,78	5,03	10,32	15,43	24,73	20,99	12,29	6,93	1,31	0,84
1.2.						0,55	1,18	3,23	3,04	5,85	16,43	21,56	20,72	15,15	12,29
2.3.				0,1	1	6,99	22,35	35,63	22,57	7,71	1,98	0,8	0,47	0,18	0,22
1.1.	0,26	0,28	1,13	4,56	17,89	30,87	24,37	14,17	5,21	0,88	0,14	0,1	0,1	0,03	0,01

Par. nr	Frakciju izmēru procentuālais sadalījums μm, smilts – grants atadnē „Mazie Kangari”														
	>1000	800	630	500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	<50
3.7.							0,62	2,48	7,84	15,55	17,95	13,31	16,7	7,68	18
3.6.	0,65	0,32	0,81	1,28	2,22	3,7	27,83	16,99	25,05	13,69	4,67	1,54	0,81	0,23	0,21
1.2.	1,08	2,81	5,48	11,18	23,58	26,98	13,76	10,54	2,77	1,01	0,36	0,21	0,14	0,1	
2.2.						1,14	2,37	7,33	9,99	14,11	17,31	13,45	14,59	7,47	12,24
2.1.	0,02	0,12	0,96	3,45	10,45	21,17	16,68	16,25	10,34	8,8	5,99	2,66	1,82	0,86	0,43
1.1.	2,62	3,07	9,5	14,82	21,87	23,33	12,99	6,77	2,88	1,17	0,49	0,22	0,13	0,10	0,04

Par. nr	Frakciju izmēru procentuālais sadalījums $\mu\text{m}$ , smilts – grants atradnē „Pāvuli”																		
	>2500	2000	1600	1250	1000	800	630	500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	<50
1.2.	5,48	4,88	11,44	17,96	20,06	13,80	11,22	5,59	3,36	1,04	0,31	0,6	1,62	1,37	0,68	0,34	0,16	0,09	
2.6.	1,03	0,66	1,54	4,29	9,76	15,03	24,75	18,84	12,37	5,71	2,3	1,37	0,81	0,53	0,23	0,25	0,23	0,17	0,13
3.8.											4,2	3,11	13,28	29,68	16,54	16,29	8,47	3,9	4,53
3.1.					0,18	0,60	2,38	3,79	7,45	26,44	28,14	15,53	7,36	3,58	1,52	1,47	0,81	0,32	0,43

Parauga nr.	frakciju izmēru procentuālais sadalījums $\mu\text{m}$ , mālu atradnē "Progress"														
	$\mu\text{m}$	0,08	0,063	0,05	0,036	0,027	0,020	0,015	0,011	0,0080	0,006	0,004	0,003	0,0021	<0,002
1.3.	%	0,81	2,30	5,22	2,05	13,44	13,42	11,52	11,32	7,68	5,76	3,84	1,92	0,58	20,15
	$\mu\text{m}$	0,08	0,063	0,05	0,044	0,032	0,023	0,016	0,009	0,008	0,006	0,004	0,003	0,0021	<0,002
1.5.	%	0,84	3,97	8,65	28,56	3,84	7,68	7,68	5,76	5,76	3,84	1,92	0	0,38	21,12
	$\mu\text{m}$	0,08	0,063	0,05	0,044	0,032	0,023	0,016	0,009	0,008	0,006	0,004	0,003	0,0021	<0,002
1.7.	%	1,95	5,54	8,73	20,42	0	9,26	14,82	5,56	7,41	3,71	3,71	0	0,37	18,53
	$\mu\text{m}$	0,08	0,063	0,05	0,044	0,032	0,023	0,016	0,009	0,008	0,006	0,004	0,003	0,0021	<0,002

**3. pielikums. Hidrometra analīzes rezultāti, ūdens temperatūras, blīvuma un parauga blīvuma mērījumi laikā (izstrādājusi autore)**

Laiks, min	"Ezeri" 1.2.			"Mazie Kangari" 2.2.			"Mazie Kangari" 3.7.		
	T ūdenim, C <sup>0</sup>	ρ ūdenim, mg/cm <sup>3</sup>	ρ paraugam, mg/cm <sup>3</sup>	T ūdenim, C <sup>0</sup>	ρ ūdenim, mg/cm <sup>3</sup>	ρ paraugam, mg/cm <sup>3</sup>	T ūdenim, C <sup>0</sup>	ρ ūdenim, mg/cm <sup>3</sup>	ρ paraugam, mg/cm <sup>3</sup>
1	27	4	10	27	4	10	27	4	14
2	27	4	6,5	27	4	6	27	4	8
4	27	4	3,5	26,9	4	4	27	4	5
8	27	4	2,5	27	4	3	27	4	4
16	26,8	3,5	2,5	27	4	3	27	4	3,5
32	27	3	3	27	4	3	27	3,5	3
64	26,9	4	3	27	4	3	27	3,5	3
128	27,2	3,5	2,5	27,2	3	3	27,3	3,5	3
248	26,7	3,5	3	26,9	3	3	26,5	3,5	3
512	27	3	3	27	3	3	27	3	3
1360	26,5	3	3	26,5	3	3	26,5	3	3
1560	27	3	2,5	27	3	3	27	3	2,5

Laiks, min	"Progress" 1.3.			"Progress" 1.5.			"Progress" 1.7.		
	T ūdenim, C <sup>0</sup>	ρ ūdenim, mg/cm <sup>3</sup>	ρ paraugam, mg/cm <sup>3</sup>	T ūdenim, C <sup>0</sup>	ρ ūdenim, mg/cm <sup>3</sup>	ρ paraugam, mg/cm <sup>3</sup>	T ūdenim, C <sup>0</sup>	ρ ūdenim, mg/cm <sup>3</sup>	ρ paraugam, mg/cm <sup>3</sup>
1	27	4	47	27	4	31	27	3	35
2	27	4	40	27	3	29	27	3	35
4	27	5	33	27	3	25	27	3	30
8	27	4	27	27	3	21	27	3	22
16	26,9	4	21	27	3	18	27	3	19
32	27	4	17	27	4	15	27	3	15
64	26,9	4	14	27	4	13	27	4	13
128	27,1	3	12	26,5	4	12	26,5	4	11
248	27	3	11	27	3	12	27	3	11
512	27	3	10,5	27	3	11	27	3	10
640	26,5	3	10,5	27	3	10	27	3	10
1360	27	3	10	27	3	9	27	3	9
1560	27	3	10	27	3	9	27	3	9

**4. pielikums. Filtrācijas koeficientu mērījumi netraucētas un jauktas struktūras paraugiem, izmantojot filtrācijas iekārtas pastāvīgā un mainīgā līmeņa metodes (izstrādājusi autore)**

5.1. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras smalkgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Ezeri”, paraugošanas vietas 1.2., izmantojot pastāvīgā līmeņa metodi

Parauga Nr, ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients m/dnn)	k vid. (m/dnn)
18. Perpendikulāri	5	5	13,08	1	1,40	1,36
	5	5	13,2	1	1,39	
	5	5	13,43	1	1,37	
	5	5	13,35	1	1,37	
	5	5	13,36	1	1,37	
	5	5	13,43	1	1,37	
	5	5	14,14	1	1,30	
	5	5	14,01	1	1,31	
22. Perpendikulāri	5	5	9,45	1,3	1,49	1,35
	5	5	10,15	1,3	1,39	
	5	5	10,23	1,3	1,38	
	5	5	10,18	1,3	1,39	
	5	5	11,19	1,3	1,26	
	5	5	10,45	1,3	1,35	
	5	5	11,17	1,3	1,26	
	5	5	10,16	1,3	1,39	
19. Paralēli	5	5	6,59	1,3	2,14	2,04
	5	5	6,54	1,3	2,16	
	5	5	6	1,3	2,35	
	5	5	7,18	1,3	1,97	
	5	5	7,16	1,3	1,97	
	5	5	7,33	1,3	1,93	
	5	5	7,38	1,3	1,91	
	5	5	7,35	1,3	1,92	
2. Paralēli	5	5	10,47	1	1,75	1,73
	5	5	10,42	1	1,76	
	5	5	10,42	1	1,76	
	5	5	10,58	1	1,73	
	5	5	11	1	1,67	
	5	5	11	1	1,67	



	5	5	10,45	1	1,76	
					Kopējais <i>k</i> vidējais	1,62

5.2. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras smalkgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Ezeri”, paraugošanas vietas 1.2., izmantojot mainīgā līmeņa merodi

Parauga nr.	t1 (sākuma laiks, min)	t2 (Beigu laiks, min)	t - laika starpība, min	L (Parauga biezums, cm)	h1 (ūdens līm. starpība (baseins - gredzens) sākuma laikā, cm)	h2 (ūdens līm. starpība (baseins - gredzens) beigu laikā, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dmm)
14.	14:00	15:00	60	5	2,7	2,5	0,01	0,02
	15:00	16:00	60	5	2,5	2,3	0,01	
	16:00	8:00	960	5	2,3	0,5	0,01	
	8:00	9:00	60	5	0,5	0,5	0,01	
	9:00	10:00	60	5	0,5	0,4	0,03	
	10:00	11:00	60	5	0,4	0,4	0,01	
	11:00	12:00	60	5	0,4	0,3	0,04	
	12:00	13:00	60	5	0,3	0,3	0,01	
	13:00	14:00	60	5	0,3	0,3	0,01	
	14:00	15:00	60	5	0,3	0,25	0,03	
	15:00	16:00	60	5	0,3	0,2	0,04	
	16:00	17:00	60	5	0,2	0,2	0,02	
24.	13:00	14:00	60	5	2,9	2,8	0,0044	0,0090
	14:00	15:00	60	5	2,8	2,7	0,005	
	15:00	16:00	60	5	2,7	2,6	0,005	
	16:00	17:00	60	5	2,6	2,5	0,005	
	17:00	11:00	1080	5	2,5	1,1	0,01	
	11:00	12:00	60	5	1,1	1,15	0,0001	
	12:00	11:00	1380	5	1,2	0,4	0,01	
	11:00	12:00	60	5	0,4	0,35	0,02	
	12:00	12:00	1440	5	0,4	0,1	0,03	
13:00	14:00	60	5	1,1	1,1	0,0039		
							Kopējais <i>k</i> vidējais	0,0142

5.3. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras smalkgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Ezeri”, paraugošanas vietas 3.3.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients m/dnn)	k vid. (m/dnn)
5. Paralēli	10	5	8,43	1,2	3,63	3,66
	10	5	8,43	1,2	3,63	
	10	5	8,38	1,2	3,65	
	10	5	8,38	1,2	3,65	
	10	5	8,36	1,2	3,66	
	10	5	8,34	1,2	3,67	
	10	5	8,29	1,2	3,69	
	10	5	8,27	1,2	3,70	
6. Perpendikulāri	5	5	7,24	1,2	2,11	2,12
	5	5	7,16	1,2	2,14	
	5	5	7,18	1,2	2,13	
	5	5	7,24	1,2	2,11	
	5	5	7,14	1,2	2,14	
	5	5	7,07	1,2	2,16	
	5	5	7,53	1,2	2,03	
	5	5	2,54	0,85	8,50	
8. Paralēli	8	5	4,03	0,85	8,57	8,11
	5	5	2,54	0,85	8,50	
	5	5	2,35	0,85	9,18	
	5	5	2,45	0,85	8,81	
	5	5	2,39	0,85	9,03	
	5	5	2,45	0,85	8,81	
	5	5	3,09	0,85	6,98	
	5	5	3,54	0,85	6,10	
5. Perpendikulāri	5	5	2,55	1,1	6,54	6,79
	5	5	2,55	1,1	6,54	
	5	5	2,31	1,1	7,22	
	5	5	2,47	1,1	6,75	
	5	5	2,54	1,1	6,57	
	5	5	2,5	1,1	6,67	
	5	5	2,32	1,1	7,19	
	5	5	2,43	1,1	6,86	
	5	5	2,44	1,1	6,83	
	5	5	2,48	1,1	6,72	
Kopējais k vidējais						5,17

5.4. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras smalkgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Ezeri”, paraugošanas vietas 3.3.

Parauga nr.	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
11.	10	5	6,1	1,3	4,63	6,37
	10	5	5	1,3	5,64	
	10	5	4,52	1,3	6,24	
	10	5	4,5	1,3	6,27	
	10	5	4,39	1,3	6,43	
	10	5	4,13	1,3	6,83	
	10	5	4,01	1,3	7,04	
	10	5	4,04	1,3	6,99	
	12	5	5,12	1,3	6,61	
	10	5	4	1,3	7,06	
23.	10	5	4,23	1,3	6,67	6,77
	10	5	4,2	1,3	6,72	
	10	5	4,2	1,3	6,72	
	10	5	4,25	1,3	6,64	
	12	5	4,36	1,3	7,77	
	10	5	4,24	1,3	6,66	
	10	5	4,25	1,3	6,64	
	10	5	4,29	1,3	6,58	
	10	5	4,25	1,3	6,64	
	10	5	4,24	1,3	6,66	
Kopējais k vidējais						6,57

5.5. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Ezeri”, paraugošanas vietas 1.1.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
22. Perpendikulāri	15	4,9	2,13	0,8	31,65	32,80
	15	4,9	2,18	0,8	30,92	
	15	4,9	2,16	0,8	31,21	
	15	4,9	2,18	0,8	30,92	
	15	4,9	1,38	0,8	48,85	

	15	4,9	2,18	0,8	30,92	
	15	4,9	2,19	0,8	30,78	
	15	4,9	2,16	0,8	31,21	
	15	4,9	2,19	0,8	30,78	
	15	4,9	2,19	0,8	30,78	
21. Paraleli	15	4,5	2,51	0,5	39,47	39,50
	15	4,5	2,51	0,5	39,47	
	15	4,5	2,5	0,5	39,62	
	15	4,5	2,49	0,5	39,78	
	15	4,5	2,51	0,5	39,47	
	15	4,5	2,52	0,5	39,31	
	15	4,5	2,54	0,5	39,00	
	15	4,5	2,52	0,5	39,31	
	15	4,5	2,56	0,5	38,69	
23. Perpendikulāri	15	4,9	2,14	0,8	31,50	31,40
	15	4,9	2,14	0,8	31,50	
	15	4,9	2,16	0,8	31,21	
	15	4,9	2,12	0,8	31,80	
	15	4,9	2,15	0,8	31,36	
	15	4,9	2,15	0,8	31,36	
	15	4,9	2,16	0,8	31,21	
	15	4,9	2,15	0,8	31,36	
	15	4,9	2,15	0,8	31,36	
Kopējais k vidējais					34,57	

5.6. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Ezeri”, paraugošanas vietas 1.1.

Parauga nr.	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
2.	25	5	2,37	0,75	51,60	54,28
	15	5	1,34	0,75	54,76	
	15	5	1,34	0,75	54,76	
	15	5	1,35	0,75	54,35	
	15	5	1,34	0,75	54,76	
	15	5	1,35	0,75	54,35	
	15	5	1,35	0,75	54,35	
	15	5	1,35	0,75	54,35	
	15	5	1,34	0,75	54,76	
	15	5	1,34	0,75	54,76	
6.	30	5	2,45	0,75	59,90	58,55
	35	5	3,15	0,75	54,35	

	35	5	3,16	0,75	54,18	
	15	5	1,23	0,75	59,66	
	15	5	1,23	0,75	59,66	
	15	5	1,23	0,75	59,66	
	15	5	1,24	0,75	59,17	
	15	5	1,22	0,75	60,14	
	15	5	1,24	0,75	59,17	
	15	5	1,23	0,75	59,66	
Kopējais k vidējais					56,42	

5.7. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Ezeri”, paraugošanas vietas 2.3.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
24. Perpendikulāri	15	5	1,41	1,2	32,52	33,36
	15	5	1,34	1,2	34,22	
	15	5	1,36	1,2	33,72	
	15	5	1,41	1,2	32,52	
	15	5	1,38	1,2	33,23	
	15	5	1,38	1,2	33,23	
	15	5	1,37	1,2	33,47	
	15	5	1,35	1,2	33,97	
15. Perpendikulāri	15	5	1,55	1,1	32,28	32,02
	15	5	1,56	1,1	32,07	
	15	5	1,57	1,1	31,87	
	15	5	1,57	1,1	31,87	
	15	5	1,56	1,1	32,07	
	15	5	1,56	1,1	32,07	
	15	5	1,56	1,1	32,07	
	15	5	1,57	1,1	31,87	
14. Paralēli	15	5	1,48	1	37,18	36,84
	15	5	1,5	1	36,69	
	15	5	1,5	1	36,69	
	15	5	1,49	1	36,93	
	15	5	1,5	1	36,69	
	15	5	1,48	1	37,18	
	15	5	1,5	1	36,69	
	15	5	1,5	1	36,69	
Kopējais k vidējais					34,07	

5.8. pelikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Ezeri”, paraugošanas vietas 2.3.

Parauga nr.	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
2.	20	5	2,38	1,1	28,03	28,25
	20	5	2,29	1,1	29,13	
	20	5	2,36	1,1	28,26	
	20	5	2,41	1,1	27,68	
	20	5	2,38	1,1	28,03	
	20	5	2,36	1,1	28,26	
	20	5	2,38	1,1	28,03	
	20	5	2,37	1,1	28,15	
	20	5	2,34	1,1	28,51	
	20	5	2,35	1,1	28,39	
6.	20	5	1,58	1,15	40,38	32,45
	20	5	2	1,15	31,90	
	20	5	2	1,15	31,90	
	20	5	2,01	1,15	31,74	
	20	5	2,01	1,15	31,74	
	20	5	2,02	1,15	31,59	
	20	5	2,03	1,15	31,43	
	20	5	2,04	1,15	31,28	
	20	5	2,04	1,15	31,28	
	20	5	2,04	1,15	31,28	
Kopējais k vidējais						30,35

5.9. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 1.2.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
21. Perpendikulāri	35	5	4,56	1,1	25,60	22,70
	35	5	4,49	1,1	26,00	
	35	5	5,48	1,1	21,30	
	35	5	5,4	1,1	21,62	
	35	5	5,45	1,1	21,42	
	35	5	5,32	1,1	21,94	

	35	5	5,37	1,1	21,74	
	35	5	5,18	1,1	22,54	
	35	5	5,19	1,1	22,49	
	35	5	5,22	1,1	22,36	
7. Paralēli	35	5	5,33	0,7	34,42	34,95
	35	5	5,32	0,7	34,48	
	35	5	5,33	0,7	34,42	
	35	5	5,2	0,7	35,28	
	35	5	5,24	0,7	35,01	
	35	5	5,24	0,7	35,01	
	30	5	4,36	0,7	36,06	
8. Perpendikulāri	35	5	5,39	0,7	34,03	33,80
	30	5	4,55	0,7	34,56	
	30	5	4,54	0,7	34,63	
	35	5	5,43	0,7	33,78	
	35	5	5,5	0,7	33,35	
	35	5	5,54	0,7	33,11	
	35	5	5,54	0,7	33,11	
14. Paralēli	35	5	3,12	1,1	37,41	34,46
	35	5	3,17	1,1	36,82	
	35	5	3,58	1,1	32,61	
	35	5	3,57	1,1	32,70	
	35	5	3,14	1,1	37,18	
	35	5	3,56	1,1	32,79	
	35	5	3,5	1,1	33,35	
	35	5	3,56	1,1	32,79	
Kopējais k vidējais						31,48

5.10. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 1.2.

Parauga nr.	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
3.	20	5	5,1	1	14,39	14,13
	20	5	5,15	1	14,25	
	20	5	5,17	1	14,19	
	20	5	5,19	1	14,14	
	20	5	5,25	1	13,98	
	20	5	5,21	1	14,08	
	20	5	5,24	1	14,00	
	20	5	5,25	1	13,98	
5.	20	5	6,31	1,05	11,07	11,10
	20	5	6,38	1,05	10,95	

	20	5	6,36	1,05	10,99	
	20	5	6,28	1,05	11,13	
	20	5	6,19	1,05	11,29	
	20	5	6,3	1,05	11,09	
	20	5	6,27	1,05	11,15	
	20	5	6,29	1,05	11,11	
	20	5	6,3	1,05	11,09	
Kopējais k vidējais					12,61	

5.11. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 1.1.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
8. Paralēli	35	5	2,03	1,2	52,71	53,88
	35	5	2,03	1,2	52,71	
	35	5	2,04	1,2	52,45	
	35	5	2,04	1,2	52,45	
	35	5	2,04	1,2	52,45	
	35	5	2,06	1,2	51,94	
	35	5	2,05	1,2	52,20	
	35	5	1,58	1,2	67,73	
	35	5	2,06	1,2	51,94	
23. Paralēli	35	5	3,33	0,7	55,09	54,18
	35	5	3,35	0,7	54,76	
	35	5	3,35	0,7	54,76	
	35	5	3,37	0,7	54,43	
	35	5	3,39	0,7	54,11	
	35	5	3,39	0,7	54,11	
	35	5	3,41	0,7	53,79	
	35	5	3,41	0,7	53,79	
	35	5	3,43	0,7	53,48	
16. Perpendikulāri	35	5	2,51	1,1	46,51	44,39
	35	5	2,52	1,1	46,32	
	35	5	2,54	1,1	45,96	
	35	5	2,57	1,1	45,42	
	35	5	2,55	1,1	45,78	
	35	5	2,56	1,1	45,60	
	35	5	2,57	1,1	45,42	



	35	5	2,59	1,1	45,07	
	35	5	3	1,1	38,91	
	35	5	3	1,1	38,91	
Kopējais k vidējais						50,82

5.12. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 1.1.

Parauga nr.	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
15.p	20	5	2,07	1,2	29,54	29,59
	20	5	2,06	1,2	29,68	
	20	5	2,06	1,2	29,68	
	20	5	2,06	1,2	29,68	
	20	5	2,06	1,2	29,68	
	20	5	2,07	1,2	29,54	
	20	5	2,08	1,2	29,40	
	20	5	2,05	1,2	29,83	
	20	5	2,09	1,2	29,26	
7.p	20	5	2,11	1,2	28,98	29,03
	20	5	2,11	1,2	28,98	
	20	5	2,09	1,2	29,26	
	20	5	2,13	1,2	28,71	
	20	5	2,11	1,2	28,98	
	20	5	2,1	1,2	29,12	
	20	5	2,1	1,2	29,12	
	20	5	2,1	1,2	29,12	
	20	5	2,11	1,2	28,98	
Kopējais k vidējais						29,31

5.13. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras smalkgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 2.2.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
6. Perpendikulāri	10	5	27,04	0,8	1,70	1,74
	10	5	26,46	0,8	1,73	
	10	5	26,06	0,8	1,76	

	10	5	26,19	0,8	1,75	
16. Perpen- dikulāri	10	5	17,31	1	2,12	2,06
	10	5	18,53	1	1,98	
	10	5	18	1	2,04	
	10	5	17,51	1	2,10	
	10	5	18,1	1	2,03	
	10	5	17,38	1	2,11	
	10	5	18,51	1	1,98	
	10	5	17,53	1	2,09	
19. Paralēli	10	5	9,21	1,1	3,62	3,61
	10	5	8,54	1,1	3,91	
	10	5	8,51	1,1	3,92	
	10	5	9,44	1,1	3,53	
	10	5	9,17	1,1	3,64	
	10	5	9,22	1,1	3,62	
	10	5	9,26	1,1	3,60	
	10	5	10,04	1,1	3,32	
	10	5	10,1	1,1	3,30	
14. Paralēli	10	5	13,02	1,3	2,17	2,14
	10	5	13	1,3	2,17	
	10	5	13,18	1,3	2,14	
	10	5	13,2	1,3	2,14	
	10	5	13,33	1,3	2,12	
	10	5	13,19	1,3	2,14	
	10	5	13,33	1,3	2,12	
	10	5	13,35	1,3	2,11	
						2,38

5.14. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras smalkgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 2.2.

Parauga nr.	t1 (sākuma laiks, min)	t2 (Beigu laiks, min)	t - laika starpība, min	L (Parauga biezums, cm)	h1 (ūdens līm. starpība (baseins - gredzens) sākuma laikā, cm)	h2 (ūdens līm. starpība (baseins - gredzens) beigu laikā, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dmn)
18.	16:00	18:00	120	5	2	1,6	0,01	0,04
	18:00	19:00	60	5	2	1,4	0,01	
	19:00	10:00	900	5	1	0,3	0,02	
	10:00	11:00	60	5	0	0,2	0,05	
	11:00	12:00	60	5	0	0,2	0,02	
	12:00	13:00	60	5	0	0,2	0,05	
	13:00	14:00	60	5	0	0,1	0,07	

	14:00	15:00	60	5	0	0,1	0,04	
	15:00	16:00	60	5	0	0,1	0,04	
8.	16:00	18:00	120	5	2	1,9	0,01	0,02
	18:00	19:00	60	5	2	1,8	0,01	
	19:00	10:00	900	5	2	0,7	0,01	
	10:00	11:00	60	5	1	0,6	0,03	
	11:00	12:00	60	5	1	0,5	0,02	
	12:00	13:00	60	5	1	0,5	0,02	
	13:00	14:00	60	5	0	0,5	0,01	
	14:00	15:00	60	5	0	0,4	0,02	
	15:00	16:00	60	5	0	0,4	0,02	
	16:00	8:00	960	5	0	0,1	0,03	
Kopējais k vidējais							0,02	

5.15. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 2.1.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
12. Perpendikulāri	34	5	9,3	0,8	16,77	16,55
	35	5	9,46	0,8	16,97	
	30	5	9,02	0,8	15,25	
	30	5	9,04	0,8	15,22	
	35	5	9,46	0,8	16,97	
	35	5	9,47	0,8	16,95	
	35	5	9,47	0,8	16,95	
	35	5	9,47	0,8	16,95	
	35	5	9,49	0,8	16,91	
19. Perpendikulāri	35	5	8,09	1,1	14,43	13,32
	35	5	8,37	1,1	13,95	
	35	5	8,39	1,1	13,91	
	35	5	8,47	1,1	13,78	
	35	5	9,28	1,1	12,58	
	35	5	9,18	1,1	12,72	
	35	5	9,29	1,1	12,57	
	35	5	9,25	1,1	12,62	
5. Paralēli	34	5	10,25	0,6	20,28	19,26
	35	5	10,56	0,6	20,27	
	35	5	11,02	0,6	19,42	
	35	5	10,38	0,6	20,62	
	35	5	11,14	0,6	19,21	

	35	5	11,21	0,6	19,09	
	35	5	13,41	0,6	15,96	
Kopējais k vidējais						16,38

5.16. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas. 2.1.

Parauga nr.	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
22.	23	5	4,29	1,3	15,13	14,36
	20	5	3,58	1,3	15,77	
	20	5	4,02	1,3	14,04	
	20	5	4,02	1,3	14,04	
	20	5	4,03	1,3	14,01	
	21	5	4,14	1,3	14,32	
	20	5	4,04	1,3	13,97	
	20	5	4,03	1,3	14,01	
	20	5	4,04	1,3	13,97	
4.	20	5	6,33	1,2	9,66	9,70
	20	5	6,31	1,2	9,69	
	20	5	6,34	1,2	9,64	
	20	5	6,31	1,2	9,69	
	20	5	6,3	1,2	9,71	
	20	5	6,27	1,2	9,75	
	20	5	6,24	1,2	9,80	
	20	5	6,34	1,2	9,64	
Kopējais k vidējais						12,03

5.17. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras smalkgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 3.7.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
6. Perpendikulāri	10	5	17,42	1,3	1,62	1,61
	10	5	17,53	1,3	1,61	
	10	5	17,22	1,3	1,64	
	10	5	17,16	1,3	1,64	
	10	5	17,43	1,3	1,62	

	10	5	17,59	1,3	1,60	
	10	5	18,16	1,3	1,55	
	10	5	18,05	1,3	1,56	
21. Perpendikulāri	5	5	19,16	1,2	0,80	0,76
	5	5	19,55	1,2	0,78	
	5	5	22,58	1,2	0,68	
	5	5	20,1	1,2	0,76	
	5	5	20,08	1,2	0,76	
7. Paralēli	10	5	11,37	1,2	2,69	2,71
	10	5	12	1,2	2,55	
	10	5	11,22	1,2	2,72	
	10	5	11,18	1,2	2,73	
	10	5	11,38	1,2	2,69	
	10	5	11,38	1,2	2,69	
	10	5	11,42	1,2	2,68	
	10	5	10,48	1,2	2,92	
5. Paralēli	10	5	11,46	1,2	2,67	2,63
	10	5	11,59	1,2	2,64	
	10	5	11,42	1,2	2,68	
	10	5	11,38	1,2	2,69	
	10	5	11,58	1,2	2,64	
	10	5	11,58	1,2	2,64	
	10	5	12,02	1,2	2,54	
	10	5	12,04	1,2	2,54	
Kopējais k vidējais						1,92

5.18. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras smalkgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 3.7.

Parauga nr.	t1 (sākuma laiks, min)	t2 (Beigu laiks, min)	t (laika starpība, min)	L (Parauga biezums, cm)	h1 (Ūdens līm. starpība (baseins - gredzens) sākuma aikā, cm)	h2 (ūdens līm. starpība (baseins - gredzens) beigu laikā, cm)	k (filtrācijas koeficients, m/dnn)	k vid. (m/dnn)
12.	13:00	14:00	60	5	2,3	1,75	0,02	0,05
	14:00	15:00	60	5	1,75	1,1	0,04	
	15:00	16:00	60	5	1,1	0,7	0,04	
	9:00	10:00	60	5	0,6	0,4	0,04	

	10:00	11:00	60	5	0,4	0,2	0,07	
	11:00	12:00	60	5	0,2	0,1	0,09	
7.	13:00	14:00	60	5	2,6	2,1	0,02	0,04
	14:00	15:00	60	5	2,1	1,6	0,03	
	15:00	16:00	60	5	1,6	1,2	0,03	
	9:00	10:00	60	5	0,9	0,6	0,04	
	10:00	11:00	60	5	0,6	0,4	0,04	
	11:00	12:00	60	5	0,4	0,3	0,04	
	12:00	13:00	60	5	0,3	0,2	0,05	
	13:00	14:00	60	5	0,2	0,1	0,09	
Kopējais k vidējais							0,05	

5.19. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 3.6.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
12. Perpen- dikulāri	15	5	4,06	1,1	12,32	13,49
	15	5	3,47	1,1	14,42	
	15	5	3,5	1,1	14,29	
	15	5	4	1,1	12,51	
	15	5	4,02	1,1	12,45	
	15	5	4,03	1,1	12,41	
	15	5	3,56	1,1	14,05	
	15	5	3,45	1,1	14,50	
	15	5	3,46	1,1	14,46	
18. Perpen- dikulāri	15	5	3,17	1,2	14,47	14,60
	15	5	3,24	1,2	14,15	
	15	5	3,21	1,2	14,29	
	15	5	3,13	1,2	14,65	
	15	5	3,12	1,2	14,70	
	15	5	3,11	1,2	14,75	
	15	5	3,12	1,2	14,70	
	15	5	3,12	1,2	14,70	
	15	5	3,06	1,2	14,99	
11. Paralēli	25	5	5,02	1,1	16,61	16,32
	25	5	5,24	1,1	15,91	
	25	5	4,57	1,1	18,25	
	25	5	5,05	1,1	16,51	
	25	5	5,08	1,1	16,41	
	25	5	5,09	1,1	16,38	

	25	5	5,36	1,1	15,56	
	25	5	5,36	1,1	15,56	
	25	5	5,32	1,1	15,67	
Kopējais k vidējais						14,80

5.20. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts – grants atradnes “Mazie Kangari”, paraugošanas vietas 3.6.

Parauga nr.	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
15.	5	5	2,54	1,2	6,02	6,03
	5	5	3,03	1,2	5,05	
	5	5	2,5	1,2	6,11	
	5	5	2,5	1,2	6,11	
	5	5	2,48	1,2	6,16	
	5	5	2,48	1,2	6,16	
	5	5	2,46	1,2	6,21	
	5	5	2,48	1,2	6,16	
	5	5	2,43	1,2	6,29	
2.	5	5	2,13	1,3	6,62	6,70
	6	5	2,2	1,3	7,70	
	5	5	2,15	1,3	6,56	
	5	5	2,17	1,3	6,50	
	5	5	2,12	1,3	6,66	
	5	5	2,13	1,3	6,62	
	5	5	2,15	1,3	6,56	
	5	5	2,16	1,3	6,53	
	5	5	2,16	1,3	6,53	
Kopējais k vidējais						6,37

5.21. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras aleirīta paraugiem no mālu atradnes “Progress”, paraugošanas vietas 1.7., izmantojot mainīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr.	t1 (sākuma laiks, min)	t2 (Beigu laiks, min)	t - laika starpība, min	L (Parauga biezums, cm)	h1 (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) sākuma laikā, cm)	h2 (ūdens līmeņa starpība (baseins-gredzens) beigu laikā, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
23.	15:50	16:50	60	4,3	3,5	3,3	0,0053	0,0025
	16:50	17:50	60	4,3	3,3	3,25	0,0022	
	17:50	18:50	60	4,3	3,25	3,2	0,0023	

	18:50	9:50	840	4,3	3,2	2,7	0,0021	
	9:50	10:50	60	4,3	2,7	2,65	0,0027	
	10:50	11:50	60	4,3	2,65	2,6	0,0028	
	11:50	12:50	60	4,3	2,6	2,6	0,0014	
	12:50	13:50	60	4,3	2,6	2,6	0,0014	
	13:50	14:50	60	4,3	2,6	2,55	0,0028	
	14:50	19:50	300	4,3	2,55	2,4	0,0024	
	19:50	8:50	780	4,3	2,4	2,1	0,0024	
	8:50	9:50	60	4,3	2,1	2,1	0,0018	
	9:50	10:50	60	4,3	2,1	2,05	0,0035	
	10:50	12:50	120	4,3	2,05	2,05	0,0018	
	12:50	14:50	60	4,3	2,05	2	0,0036	
	14:50	15:50	60	4,3	2	2	0,0019	
8.	15:50	16:50	60	4,4	2,75	2,55	0,0070	0,0067
	16:50	17:50	60	4,4	2,55	2,4	0,0060	
	17:50	18:50	60	4,4	2,4	2,3	0,0047	
	18:50	9:50	840	4,4	2,3	1	0,0069	
	9:50	10:50	60	4,4	1	0,95	0,0077	
	10:50	11:50	60	4,4	0,95	0,9	0,0081	
	11:50	12:50	60	4,4	0,9	0,9	0,0042	
	12:50	13:50	60	4,4	0,9	0,85	0,0085	
	13:50	14:50	60	4,4	0,85	0,85	0,0045	
	14:50	19:50	300	4,4	0,85	0,75	0,0066	
	19:50	8:50	780	4,4	0,75	0,65	0,0063	
	8:50	9:50	60	4,4	0,65	0,65	0,0058	
	9:50	10:50	60	4,4	0,65	0,6	0,0120	
	10:50	12:50	120	4,4	0,6	0,6	0,0063	
12:50	14:50	60	4,4	0,6	0,6	0,0063		
14:50	15:50	60	4,4	0,6	0,6	0,0063		
6.	15:50	16:50	60	4,3	3,4	3,4	0,0011	0,0018
	16:50	9:50	1020	4,3	3,4	2,95	0,0018	
	9:50	10:50	60	4,3	2,95	2,95	0,0013	
	10:50	11:50	840	4,3	2,95	2,9	0,0014	
	11:50	13:50	120	4,3	2,9	2,85	0,0019	
	13:50	15:50	120	4,3	2,85	2,8	0,0019	
	15:50	17:50	120	4,3	2,8	2,75	0,0020	
	17:50	10:50	1020	4,3	2,75	2,4	0,0020	
	10:50	11:50	60	4,3	2,4	2,4	0,0015	
	11:50	12:50	300	4,3	2,4	2,4	0,0015	
	12:50	12:50	1440	4,3	2,4	2	0,0022	
	12:50	13:50	60	4,3	2	2	0,0019	
	13:50	12:50	1380	4,3	2	1,7	0,0025	
12:50	12:50	1440	4,3	1,7	1,5	0,0027		
Kopējais k vidējais							0,0037	



5.22. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras aleirīta paraugiem no mālu atradnes “Progress”, paraugošanas vietas 1.7., izmantojot mainīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr.	t1 (sākuma laiks, min)	t2 (Beigu laiks, min)	t - laika starpība, min	L (Parauga biezums, cm)	h1 (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) sākuma laikā, cm)	h2 (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) beigu laikā, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
5.	11:15	12:15	60	5	1,3	1,3	0,0033	0,0129
	12:15	11:15	1380	5	1,3	0,6	0,0077	
	11:15	12:15	60	5	0,6	0,6	0,0072	
	12:15	12:15	1440	5	0,6	0,3	0,0126	
	12:15	13:15	60	5	0,3	0,25	0,0310	
	13:15	14:15	60	5	0,25	0,25	0,0173	
	14:15	13:15	1380	5	1,2	0,6	0,0076	
	13:15	14:15	60	5	0,6	0,55	0,0148	
	14:15	12:15	1320	5	0,55	0,3	0,0129	
	12:15	13:15	60	5	0,3	0,3	0,0144	
14.	14:00	15:00	60	5	2,7	2,5	0,01	0,02
	15:00	16:00	60	5	2,5	2,3	0,01	
	16:00	8:00	960	5	2,3	0,5	0,01	
	8:00	9:00	60	5	0,5	0,5	0,01	
	9:00	10:00	60	5	0,5	0,4	0,03	
	10:00	11:00	60	5	0,4	0,4	0,01	
	11:00	12:00	60	5	0,4	0,3	0,04	
	12:00	13:00	60	5	0,3	0,3	0,01	
	13:00	14:00	60	5	0,3	0,3	0,01	
	14:00	15:00	60	5	0,3	0,3	0,01	
Kopējais k vidējais							0,0142	

5.23. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras aleirīta paraugiem no mālu atradnes “Progress”, paraugošanas vietas 1.5., izmantojot mainīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr.	t1 (sākuma laiks, min)	t2 (Beigu laiks, min)	t - laika starpība, min	L (Parauga biezums, cm)	h1 (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) sākuma laikā, cm)	h2 (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) beigu laikā, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
5.	15:50	16:50	60	5	2,9	2,85	0,0030	0,0016
	16:50	9:50	1020	5	2,85	2,85	0,0015	
	9:50	10:50	60	5	2,85	2,85	0,0015	

	10:50	11:50	840	5	2,85	2,85	0,0015	
	11:50	13:50	120	5	2,85	2,85	0,0015	
	13:50	15:50	120	5	2,85	2,85	0,0015	
	15:50	17:50	120	5	2,85	2,85	0,0015	
	17:50	10:50	1020	5	2,85	2,85	0,0015	
	10:50	11:50	60	5	2,85	2,85	0,0015	
	11:50	12:50	300	5	2,85	2,85	0,0015	
	12:50	12:50	1440	5	2,85	2,8	0,0016	
	12:50	13:50	60	5	2,8	2,8	0,0015	
	13:50	12:50	1380	5	2,8	2,8	0,0015	
	12:50	12:50	1440	5	2,8	2,8	0,0015	
18.	15:50	16:50	60	3,8	4,15	4,1	0,0016	0,0009
	16:50	17:50	60	3,8	4,1	4,1	0,0008	
	17:50	18:50	60	3,8	4,1	4,1	0,0008	
	18:50	9:50	840	3,8	4,1	4	0,0009	
	9:50	10:50	60	3,8	4	4	0,0008	
	10:50	11:50	60	3,8	4	4	0,0008	
	11:50	12:50	60	3,8	4	4	0,0008	
	12:50	13:50	60	3,8	4	4	0,0008	
	13:50	14:50	60	3,8	4	4	0,0008	
	14:50	19:50	300	3,8	4	4	0,0008	
	19:50	8:50	780	3,8	4	3,95	0,0009	
	8:50	9:50	60	3,8	3,95	3,95	0,0008	
	9:50	10:50	60	3,8	3,95	3,95	0,0008	
	10:50	12:50	120	3,8	3,95	3,9	0,0012	
	12:50	14:50	60	3,8	3,9	3,9	0,0008	
	14:50	15:50	60	3,8	3,9	3,9	0,0008	
	15:50	9:50	1080	3,8	3,9	3,85	0,0009	
	9:50	17:50	480	3,8	3,85	3,8	0,0010	
	17:50	10:50	1020	3,8	3,8	3,7	0,0010	
	10:50	12:50	120	3,8	3,7	3,7	0,0009	
	12:50	12:50	1440	3,8	3,7	3,6	0,0010	
	12:50	12:50	1440	3,8	3,6	3,5	0,0010	
	12:50	12:50	1440	3,8	3,5	3,4	0,0010	
	Kopējais k vidējais						0,0013	

5.24. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras aleirīta paraugiem no mālu atradnes "Progress", paraugošanas vietas 1.5., izmantojot mainīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr.	t1 (sākuma laiks, min)	t2 (Beigu laiks, min)	t - laika starpība, min	L (Parauga biezums, cm)	h1 (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) sākuma laikā, cm)	h2 (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) beigu laikā, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
5.	11:15	12:15	60	5	2,5	2,5	0,0017	0,0038
	12:15	11:15	1380	5	2,5	2,3	0,0021	
	11:15	12:15	60	5	2,3	2,3	0,0019	
	12:15	12:15	1440	5	2,3	1,9	0,0027	
	12:15	13:15	60	5	1,9	1,84	0,0050	
	13:15	14:15	60	5	1,85	1,85	0,0023	
	14:15	13:15	1380	5	1,85	1,5	0,0034	
	13:15	14:15	60	5	1,5	1,5	0,0029	
	14:15	12:15	1320	5	1,5	1,3	0,0036	
	12:15	13:15	60	5	1,3	1,25	0,0067	
	13:15	14:15	60	5	1,25	1,25	0,0035	
	14:15	10:15	1200	5	1,25	1,1	0,0042	
	10:15	17:15	420	5	1,1	1,1	0,0039	
	17:15	10:15	1020	5	1,1	0,9	0,0053	
10:15	9:15	1380	5	0,9	0,6	0,0073		
Kopējais k vidējais							0,0038	

5.25. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras aleirīta paraugiem no mālu atradnes "Progress", paraugošanas vietas 1.3., izmantojot mainīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr.	t1 (sākuma laiks, min)	t2 (Beigu laiks, min)	t - laika starpība, min	L (Parauga biezums, cm)	h1 (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) sākuma laikā, cm)	h2 (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) beigu laikā, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
7.	15:50	16:50	60	4,2	3,5	3,45	0,0021	0,0022
	16:50	9:50	1020	4,2	4,45	3	0,0026	
	9:50	10:50	60	4,2	3	2,9	0,0036	
	10:50	11:50	60	4,2	2,9	2,9	0,0013	
	11:50	13:50	120	4,2	2,9	2,85	0,0019	
	13:50	15:50	120	4,2	2,85	2,8	0,0019	
	15:50	17:50	120	4,2	2,8	2,75	0,0019	
	17:50	10:50	1020	4,2	2,75	2,35	0,0021	

	10:50	11:50	60	4,2	2,35	2,35	0,0015	
	11:50	12:50	60	4,2	2,35	2,35	0,0015	
	12:50	12:50	1440	4,2	2,35	1,9	0,0023	
	12:50	13:50	60	4,2	1,9	1,9	0,0019	
	13:50	12:50	1380	4,2	1,9	1,6	0,0026	
	12:50	12:50	1440	4,2	1,6	1,3	0,0031	
21.	15:50	16:50	60	4,4	3,5	3,4	0,0032	0,0021
	16:50	9:50	1020	4,4	3,4	3,05	0,0016	
	9:50	10:50	60	4,4	3,05	3	0,0025	
	10:50	11:50	60	4,4	3	3	0,0013	
	11:50	13:50	120	4,4	3	2,95	0,0019	
	13:50	15:50	120	4,4	2,95	2,9	0,0019	
	15:50	17:50	120	4,4	2,9	2,9	0,0013	
	17:50	10:50	1020	4,4	2,9	2,55	0,0020	
	10:50	11:50	60	4,4	2,55	2,55	0,0015	
	11:50	12:50	60	4,4	2,55	2,5	0,0030	
	12:50	12:50	1440	4,4	2,5	2,15	0,0021	
	12:50	13:50	60	4,4	2,15	2,15	0,0018	
	13:50	12:50	1380	4,4	2,15	1,85	0,0024	
	12:50	12:50	1440	4,2	1,85	1,6	0,0025	
11.	15:50	16:50	60	4,1	3,6	3,6	0,0010	0,0016
	16:50	17:50	60	4,1	3,6	3,5	0,0029	
	17:50	18:50	60	4,1	3,5	3,5	0,0010	
	18:50	9:50	840	4,1	3,5	3,1	0,0017	
	9:50	10:50	60	4,1	3,1	3,1	0,0011	
	10:50	11:50	60	4,1	3,1	3,1	0,0011	
	11:50	12:50	60	4,1	3,1	3,05	0,0023	
	12:50	13:50	60	4,1	3,05	3	0,0023	
	13:50	14:50	60	4,1	3	3	0,0012	
	14:50	19:50	300	4,1	3	2,9	0,0017	
	19:50	8:50	780	4,1	2,9	2,6	0,0019	
	8:50	9:50	60	4,1	2,6	2,6	0,0014	
	9:50	10:50	60	4,1	2,6	2,6	0,0014	
	10:50	12:50	120	4,1	2,6	2,6	0,0014	
12:50	14:50	120	4,1	2,6	2,5	0,0027		
14:50	15:50	60	4,1	2,5	2,5	0,0014		
12.	15:50	16:50	60	4,5	3,15	3,1	0,0024	0,0020
	16:50	17:50	60	4,5	3,1	3,1	0,0013	
	17:50	18:50	60	4,5	3,1	3,1	0,0013	
	18:50	9:50	840	4,5	3,1	2,75	0,0020	
	9:50	10:50	60	4,5	2,75	2,75	0,0014	
	10:50	11:50	60	4,5	2,75	2,7	0,0028	
	11:50	12:50	60	4,5	2,7	2,7	0,0014	
	12:50	13:50	60	4,5	2,7	2,65	0,0029	
	13:50	14:50	60	4,5	2,65	2,65	0,0015	
	14:50	19:50	300	4,5	2,65	2,55	0,0021	

19:50	8:50	780	4,5	2,55	2,35	0,0021
8:50	9:50	60	4,5	2,35	2,35	0,0017
9:50	10:50	60	4,5	2,35	2,3	0,0033
10:50	12:50	120	4,5	2,3	2,3	0,0017
12:50	14:50	120	4,5	2,3	2,25	0,0025
14:50	15:50	60	4,5	2,25	2,25	0,0017
Kopējais k vidējais						0,0020

5.26. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras aleirīta paraugiem no mālu atradnes "Progress", paraugošanas vietas 1.3., izmantojot mainīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr.	t <sub>1</sub> (sākuma laiks, min)	t <sub>2</sub> (Beigu laiks, min)	t - laika starpība, min	L (Parauga biezums, cm)	h <sub>1</sub> (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) sākuma laikā, cm)	h <sub>2</sub> (ūdens līmeņa starpība (baseins - gredzens) beigu laikā, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
6.	11:15	12:15	60	5	2,45	2,4	0,0035	0,0066
	12:15	11:15	1380	5	2,4	1,7	0,0034	
	11:15	12:15	60	5	1,7	1,7	0,0025	
	12:15	12:15	1440	5	1,7	1,2	0,0042	
	12:15	13:15	60	5	1,2	1,2	0,0036	
	13:15	14:15	60	5	1,2	1,2	0,0036	
	14:15	13:15	1380	5	1,2	0,85	0,0055	
	13:15	14:15	60	5	0,85	0,85	0,0051	
	14:15	12:15	1320	5	0,85	0,6	0,0074	
	12:15	13:15	60	5	0,6	0,6	0,0072	
	13:15	14:15	60	5	0,6	0,6	0,0072	
	14:15	10:15	1200	5	0,6	0,5	0,0086	
	10:15	17:15	420	5	0,5	0,5	0,0086	
	17:15	10:15	1020	5	0,5	0,4	0,0108	
10:15	9:15	1380	5	0,4	0,2	0,0178		
11.	11:15	12:15	60	5	2,75	2,75	0,0016	0,0028
	12:15	11:15	1380	5	2,75	2,5	0,0020	
	11:15	12:15	60	5	2,5	2,5	0,0017	
	12:15	12:15	1440	5	2,5	2,2	0,0023	
	12:15	13:15	60	5	2,2	2,2	0,0020	
	13:15	14:15	60	5	2,2	2,2	0,0020	
	14:15	13:15	1380	5	2,2	1,9	0,0026	
	13:15	14:15	60	5	1,9	1,9	0,0023	
	14:15	12:15	1320	5	1,9	1,7	0,0028	
	12:15	13:15	60	5	1,7	1,7	0,0025	
	13:15	14:15	60	5	1,7	1,65	0,0051	
	14:15	10:15	1200	5	1,65	1,5	0,0031	

10:15	17:15	420	5	1,5	1,5	0,0029
17:15	10:15	1020	5	1,5	1,3	0,0038
10:15	9:15	1380	5	1,3	0,9	0,0053
Kopējais k vidējais						0,0047

5.27. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras rupjgraudainas smilts paraugiem no smilts - grants atradnes "Pāvuli", paraugošanas vietas 1.2., izmantojot pastāvīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
22. Perpendikulāri	35	5	1,1	0,55	212,24	223,35
	35	5	1,03	0,55	226,67	
	35	5	1,03	0,55	226,67	
	35	5	1,1	0,55	212,24	
	35	5	1,03	0,55	226,67	
	35	5	1,03	0,55	226,67	
	35	5	1,03	0,55	226,67	
	35	5	1,03	0,55	226,67	
	35	5	1,05	0,55	222,35	
	35	5	1,03	0,55	226,67	
5. Perpendikulāri	35	5	1,02	0,55	228,89	216,07
	35	5	1,09	0,55	214,19	
	35	5	1,09	0,55	214,19	
	35	5	1,09	0,55	214,19	
	35	5	1,08	0,55	216,17	
	35	5	1,09	0,55	214,19	
	35	5	1,08	0,55	216,17	
	35	5	1,07	0,55	218,19	
	35	5	1,1	0,55	212,24	
	35	5	1,1	0,55	212,24	
6. Paralēli	35	5	1,14	0,6	187,73	257,31
	35	5	1,02	0,6	209,82	
	35	5	0,59	0,6	362,73	
	35	5	1	0,6	214,01	
	35	5	0,56	0,6	382,17	
	35	5	1	0,6	214,01	
	35	5	1,01	0,6	211,89	
	35	5	0,58	0,6	368,99	
	35	5	1,01	0,6	211,89	
	35	5	1,02	0,6	209,82	
Kopējais k vidējais						236,69

5.27. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras rupjgraudainas smilts paraugiem no smilts - grants atradnes “Pāvuli”, paraugošanas vietas 1.2., izmantojot pastāvīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr.	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
5.	35	5	1,12	0,7	163,79	162,63
	35	5	1,13	0,7	162,34	
	35	5	1,12	0,7	163,79	
	35	5	1,13	0,7	162,34	
	35	5	1,13	0,7	162,34	
	35	5	1,13	0,7	162,34	
	35	5	1,13	0,7	162,34	
	35	5	1,13	0,7	162,34	
	35	5	1,13	0,7	162,34	
	35	5	1,13	0,7	162,34	
22.	35	5	2,12	0,4	151,42	166,30
	35	5	1,59	0,4	201,90	
	35	5	1,59	0,4	201,90	
	35	5	2,02	0,4	158,92	
	35	5	2,01	0,4	159,71	
	35	5	2,03	0,4	158,14	
	35	5	2,03	0,4	158,14	
	35	5	2,03	0,4	158,14	
	35	5	2,04	0,4	157,36	
	35	5	2,04	0,4	157,36	
Kopējais k vidējais						166,30

5.28. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras rupjgraudainas smilts paraugiem no smilts - grants atradnes “Pāvuli”, paraugošanas vietas 2.6., izmantojot pastāvīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
15. Perpendikulāri	35	5	1,22	0,8	131,57	127,79
	35	5	1,21	0,8	132,65	
	35	5	1,2	0,8	133,76	
	35	5	1,25	0,8	128,41	
	35	5	1,26	0,8	127,39	
	35	5	1,3	0,8	123,47	

	35	5	1,28	0,8	125,40	
	35	5	1,26	0,8	127,39	
	35	5	1,29	0,8	124,43	
	35	5	1,3	0,8	123,47	
8. Perpendikulāri	35	5	4,53	0,2	141,73	128,66
	35	5	4,58	0,2	140,18	
	35	5	5,01	0,2	128,15	
	35	5	5,04	0,2	127,39	
	35	5	5,06	0,2	126,89	
	35	5	5,09	0,2	126,14	
	35	5	5,11	0,2	125,64	
	35	5	5,42	0,2	118,46	
	35	5	5,13	0,2	125,15	
	35	5	5,06	0,2	126,89	
16. Paralēli	35	5	1,55	0,5	165,69	133,96
	35	5	1,57	0,5	163,58	
	35	5	2,01	0,5	127,77	
	35	5	2,01	0,5	127,77	
	35	5	2,02	0,5	127,14	
	35	5	2,04	0,5	125,89	
	35	5	2,04	0,5	125,89	
	35	5	2,04	0,5	125,89	
	35	5	2,05	0,5	125,28	
	35	5	2,06	0,5	124,67	
Kopējais k vidējais					131,31	

5.29. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras rupjgraudainas smilts paraugiem no smilts - grants atradnes "Pāvuli", paraugšanas 2.6., izmantojot pastāvīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr.	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
11.	35	5	1,01	1	127,14	124,45
	35	5	1,04	1	123,47	
	35	5	1,02	1	125,89	
	35	5	1,03	1	124,67	
	35	5	1,01	1	127,14	
	35	5	1,04	1	123,47	
	35	5	1,03	1	124,67	
	35	5	1,05	1	122,29	
	35	5	1,03	1	124,67	
	35	5	1,06	1	121,14	
7.	35	5	2	0,7	91,72	100,46
	35	5	2,08	0,7	88,19	



35	5	2	0,7	91,72
35	5	2,1	0,7	87,35
35	5	2	0,7	91,72
35	5	1,59	0,7	115,37
35	5	1,58	0,7	116,10
35	5	2	0,7	91,72
35	5	1,59	0,7	115,37
35	5	1,59	0,7	115,37
Kopējais k vidējais				112,46

5.30. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras smalkgraudainas smilts paraugiem no smilts - grants atradnes “Pāvuli”, paraugošanas vietas 3.8., izmantojot pastāvīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
1. Perpendikulāri	5	5	7,05	1	2,60	2,53
	5	5	7,24	1	2,53	
	5	5	7,23	1	2,54	
	5	5	7,32	1	2,51	
	5	5	7,3	1	2,51	
	5	5	7,26	1	2,53	
	5	5	7,29	1	2,52	
	5	5	7,18	1	2,55	
	5	5	7,31	1	2,51	
	5	5	7,29	1	2,52	
18. Perpendikulāri	5	5	8,38	0,9	2,43	2,46
	5	5	8,2	0,9	2,49	
	5	5	8,24	0,9	2,47	
	5	5	8,31	0,9	2,45	
	5	5	8,29	0,9	2,46	
	5	5	8,36	0,9	2,44	
	5	5	8,34	0,9	2,44	
	5	5	8,48	0,9	2,40	
	5	5	8,1	0,9	2,52	
	5	5	8,2	0,9	2,49	
23. Paralēli	6	5	8,57	1,15	2,23	2,18
	5	5	7,2	1,15	2,22	
	5	5	7,22	1,15	2,21	
	5	5	7,4	1,15	2,16	
	5	5	7,43	1,15	2,15	
	5	5	7,31	1,15	2,18	

	5	5	7,41	1,15	2,15	
	6	5	8,57	1,15	2,23	
	5	5	7,42	1,15	2,15	
	5	5	7,54	1,15	2,12	
14. Paralēli	5	5	5,38	1,2	2,84	2,88
	5	5	5,21	1,2	2,93	
	5	5	5,24	1,2	2,92	
	5	5	5,23	1,2	2,92	
	5	5	5,25	1,2	2,91	
	5	5	5,35	1,2	2,86	
	5	5	5,35	1,2	2,86	
	5	5	5,23	1,2	2,92	
	5	5	5,3	1,2	2,88	
	5	5	5,48	1,2	2,79	
Kopējais k vidējais					2,51	

5.31. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras smalkgraudainas smilts paraugiem no smilts - grants atradnes "Pāvuli", paraugošanas vietas 3.8., izmantojot pastāvīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr. virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
14.	5	5	8,49	0,75	2,88	2,75
	5	5	8,47	0,75	2,89	
	5	5	8,51	0,75	2,87	
	5	5	8,56	0,75	2,86	
	5	5	9,04	0,75	2,71	
	5	5	9,13	0,75	2,68	
	5	5	9,13	0,75	2,68	
	5	5	9,03	0,75	2,71	
	5	5	9,28	0,75	2,64	
	5	5	9,31	0,75	2,63	
6.	5	5	4,1	1,3	3,44	3,25
	10	5	9,18	1,3	3,07	
	11	5	8,32	1,3	3,73	
	10	5	8,34	1,3	3,38	
	10	5	9,05	1,3	3,12	
	10	5	8,56	1,3	3,30	
	10	5	8,57	1,3	3,29	
	10	5	9,16	1,3	3,08	
	10	5	9,18	1,3	3,07	
	10	5	9,24	1,3	3,05	
1.	5	5	8,33	0,8	2,75	3,01

	10	5	7,31	0,8	6,27	
	5	5	8,33	0,8	2,75	
	5	5	8,59	0,8	2,67	
	5	5	8,55	0,8	2,68	
	5	5	8,45	0,8	2,71	
	5	5	8,55	0,8	2,68	
	5	5	9,02	0,8	2,54	
	5	5	9,11	0,8	2,52	
	5	5	9,25	0,8	2,48	
Kopējais k vidējais						3,00

5.32. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti netraucētas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts - grants atradnes "Pāvuli", paraugošanas 3.1., izmantojot pastāvīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr., ņemšanas virziens attiecībā pret slāņa virsmu	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
7. Perpendikulāri	10	5	3	0,3	40,76	42,36
	15	5	4,18	0,3	43,89	
	10	5	2,55	0,3	47,96	
	10	5	3	0,3	40,76	
	10	5	3,01	0,3	40,63	
	10	5	3,01	0,3	40,63	
	10	5	2,59	0,3	47,22	
	10	5	3,03	0,3	40,36	
	10	5	3	0,3	40,76	
	10	5	3,01	0,3	40,63	
11. Perpendikulāri	10	5	3,03	0,3	40,36	41,80
	10	5	3,04	0,3	40,23	
	10	5	3,02	0,3	40,49	
	10	5	3,05	0,3	40,10	
	10	5	3,01	0,3	40,63	
	10	5	2,59	0,3	47,22	
	10	5	2,59	0,3	47,22	
	10	5	3,03	0,3	40,36	
	10	5	3	0,3	40,76	
	10	5	3,01	0,3	40,63	
19. Paralēli	15	5	1,54	0,6	59,56	47,42
	15	5	1,59	0,6	57,69	
	15	5	2,06	0,6	44,52	
	15	5	2,04	0,6	44,96	
	15	5	2,06	0,6	44,52	

	15	5	2,08	0,6	44,10	
	15	5	2,11	0,6	43,47	
	15	5	2,08	0,6	44,10	
	15	5	2,09	0,6	43,89	
21. Paralēli	15	5	1,54	0,8	44,67	44,95
	15	5	1,52	0,8	45,26	
	15	5	1,52	0,8	45,26	
	15	5	1,51	0,8	45,56	
	15	5	1,47	0,8	46,80	
	15	5	1,56	0,8	44,10	
	15	5	1,49	0,8	46,17	
	15	5	1,58	0,8	43,54	
	15	5	1,55	0,8	44,38	
	15	5	1,57	0,8	43,82	
Kopējais k vidējais					44,13	

5.33. pielikums. Filtrācijas iekārtas mērījumu rezultāti un aprēķinātie filtrācijas koeficienti jauktas struktūras vidējgraudainas smilts paraugiem no smilts - grants atradnes "Pāvuli", paraugošanas 3.1., izmantojot pastāvīgā līmeņa filtrācijas metodi.

Parauga nr.	V (Izfiltrētā ūdens tilpums, cm <sup>3</sup> )	L (Parauga biezums, cm)	t (laiks, min)	h (līmeņu starpība, cm)	k (filtrācijas koeficients)	k vid. (m/dnn)
32.	25	5	2,01	0,9	50,70	49,84
	25	5	2,01	0,9	50,70	
	25	5	2,01	0,9	50,70	
	25	5	2,04	0,9	49,96	
	25	5	2,06	0,9	49,47	
	25	5	2,06	0,9	49,47	
	25	5	2,05	0,9	49,71	
	25	5	2,06	0,9	49,47	
	25	5	2,08	0,9	49,00	
	25	5	2,07	0,9	49,23	
12.	25	5	2,31	1	39,71	40,25
	25	5	2,26	1	40,58	
	25	5	2,26	1	40,58	
	25	5	2,26	1	40,58	
	25	5	2,27	1	40,41	
	25	5	2,27	1	40,41	
	25	5	2,28	1	40,23	
	25	5	2,28	1	40,23	
	25	5	2,3	1	39,88	
	25	5	2,3	1	39,88	
Kopējais k vidējais					45,04	