

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

**SMILŠAINO NOGULUMU MITRUMS UN GRANULOMETRISKAIS
SASTĀVS**

BAKALĀURA DARBS

Autors: **Baiba Raga**

Stud. apl. br06007

Darba vadītājs: Dr.ģeol., doc. Aija Dēliņa

RĪGA 2010

ANOTĀCIJA

Bakalaura darbā „Smilšaino nogulumu mitrums un granulometriskais sastāvs” ir pētītas likumsakarības starp iežu granulometrisko sastāvu un mitruma daudzumu tajos pie vienādiem klimatiskajiem apstākļiem. Pētījuma izstrādes laikā tika veikti mitruma daudzuma mērījumi *in situ* divpadsmit dažāda sastāva smilšaino nogulumu slāņos, kā arī laboratorijas apstākļos noteikts to granulometriskais sastāvs. Iegūtie dati analizēti, galveno uzmanību pievēršot tam, kā mitruma daudzums mainās laikā dažāda sastāva smilšainajos nogulumos, kā arī novērtēta dabiskā mitruma vērtību izkliede dažādiem smilts slāņiem.

Darbs sastāv no 4 nodaļām, tā kopējais apjoms ir 59 lpp. Tekstu ilustrē 35 attēli (grafiki, fotogrāfijas, shēmas, kartes) un 19 tabulas. Darbu papildina 4. pielikumi uz 22 lapām.

Atslēgas vārdi: smilšaino nogulumu mitrums, granulometriskais sastāvs, mitruma izmaiņas, glaciofluviālie nogulumi.

ANNOTATION

Bachelor's thesis „Moisture content and grain size distribution of sandy sediments” presents the study of correlation between grain size distribution of granular rock and their moisture content at similar climatic conditions. Moisture content of sandy sediments was measured *in situ* at twelve different layers and locations, but grain size distribution of these sediments was analysed in the laboratory. The obtained results were assessed focusing on moisture content changes in time in sandy sediments of different composition, as well as variations of moisture content values for different sand layers.

The thesis consist of four sections on 59 pages. The text is illustrated with 35 figures (charts, photographs, shemes, maps) and 19 tables. 4 appendices on 22 pages supplements the thesis.

Keywords: soil moisture, grain size distribution, soil drying, glaciofluvial deposits.

SATURS

ANOTĀCIJA	2
ANNOTATION	3
IEVADS	5
1. ŪDENS DAUDZUMS SMILŠAINOS NOGULUMOS	6
1.1. Iežu mitrums.....	6
1.2. Ūdens veidi iežos.....	7
1.3. Ūdens un iežu savstarpējā mijiedarbība	10
1.4. Mitruma daudzuma izmaiņas nogulumos	11
1.5. Mitruma daudzuma noteikšanas metodes	13
2. MATERIĀLI UN METODEDES	15
2.1. Literatūras studijas.....	15
2.2. Lauka darbi.....	16
2.3. Laboratorijas darbi	19
2.4. Kamerālie darbi.....	19
3. PĒTĪJUMU VIETU RAKSTUROJUMS UN LAUKA EKSPERIMENTI TAJĀS	24
3.1. Izpētes vietu ģeogrāfiskais novietojums un fiziogēogrāfiskais raksturojums	24
3.2. Izpētes vietu ģeoloģiskais raksturojums	27
3.3. Lauka eksperimenti	29
4. MITRUMS UN TĀ IZMAIŅAS SMILŠAINOS NOGULUMOS.....	41
4.1. Nogulumu granulometriskais sastāvs un tips.....	41
4.2. Dabiskā mitruma daudzums nogulumos	44
4.3. Mitruma izmaiņas laikā pēc papildu mitrināšanas	46
4.4. Dabiskā mitruma izmaiņas laikā.....	52
SECINĀJUMI	56
PATEICĪBAS.....	57
IZMANTOTĀ LITERTŪRA.....	58
1. pielikums. Atsegumu apraksti.....	60
2. pielikums. Parauklaukumu mitruma daudzuma dati pirms laistīšanas.	62
3. pielikums. Parauglaukumu mitruma daudzuma dati pēc laistīšanas.....	70
4. pielikums. Mitruma daudzuma dati parauglaukumiem, kas netika laistīti.....	79

IEVADS

Aerācijas zona ir nozīmīgs elements ūdens aprites ciklā, tāpēc tajā notiekošie procesi ir svarīgi, lai izprastu un prognozētu gruntsūdens svārstības. Mitrums aerācijas zonā jeb ūdens nepiesātinātajā zonā ir neatņemama sastāvdaļa, bet tas laika gaitā variē, mainoties meteoroloģiskajiem faktoriem. Kaut gan mitrums, neatkarīgi no tā daudzuma, veido tikai nelielu daļu no pašas aerācijas zonas, tam ir zināma ietekme uz ūdens infiltrācijas procesiem, gan uz citām iežu fizikālajām un mehāniskajām īpašībām, kas var laika gaitā izmainīties. Parasti smilšainos nogulumos ar paaugstinātu mitruma daudzumu pasliktinās gan iežu fizikālās, gan mehāniskās īpašības, savukārt mitruma daudzumam samazinoties šajos pašos nogulumos, citu parametru īpašības sāk uzlaboties. Tāpēc mitruma saturs ir svarīgs iežu raksturlielums gan hidroģeoloģiskajos, gan inženierģeoloģiskajos pētījumos. Tā kā nogulumu granulometriskais sastāvs ir fizikāls lielums, kas ir laikā nemainīgs un korelē ar citiem parametriem, tai skaitā arī ar mitruma daudzumu, tika nolemts veikt pētījumu, lai noskaidrotu šo abu parametru savstarpējo saistību.

Bakalaura darba **mērķis** ir noskaidrot likumsakarības starp smilšaino nogulumu granulometrisko sastāvu un mitruma daudzumu, un tā izmaiņām laikā.

Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti vairāki **darba uzdevumi**:

1. Studēt zinātnisko literatūru par nesaistīto iežu un ūdens savstarpējo mijiedarbību, kā arī iepazīties ar citu zinātnieku pētījumiem šajā jomā.
2. Iepazīties ar vairāku smilts – grants karjeru ģeoloģisko uzbūvi.
3. Apsekot karjerus un izvēlēties iespējamās paraugošanas vietas tajos.
4. Lauka darbu ietvaros veikt mitruma daudzuma mērījumus dažāda sastāva slāņos, izmantojot ΔT mitruma mērītāju HH2, kas papildināts ar datu uzkrāšanas bloku un sensoru SM – 200.
5. Laboratorijas apstākļos noteikt iežu granulometrisko sastāvu, izmantojot sietu un sedimentācijas (hidrometra) metodi.
6. Veikt datu kamerālo apstrādi:
 - veikt datu statistisko apstrādi;
 - izveidot iežu žūšanas līknes;
 - izveidot iežu granulometriskā sastāva kumulatīvās līknes;
 - sastādīt kartes ar paraugotajām vietām;
7. Veikt iegūto rezultātu analīzi un interpretāciju

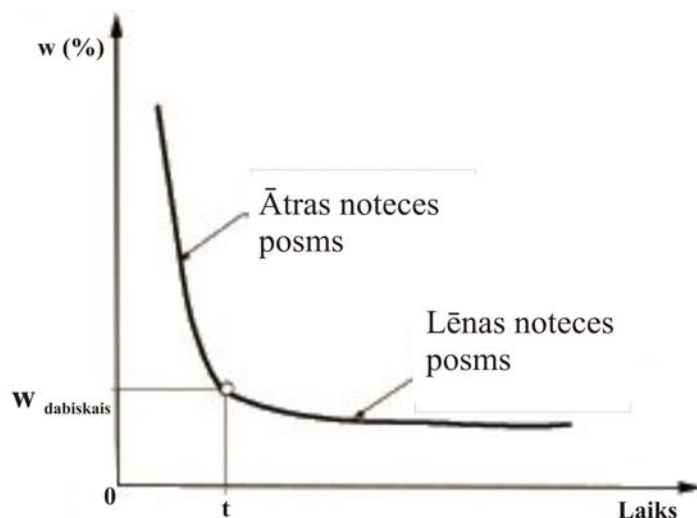
1. ŪDENS DAUDZUMS SMILŠAINOS NOGULUMOS

Bakalaura darba pētījums veikts smilšainajos nogulumos aerācijas, kas ir nozīmīga komponente hidroloģiskajā ciklā, jo tā tieši ietekmē infiltrāciju, ūdens noteci, iztvaikošanu, un ūdens horizontu papildināšanos. Lai noskaidrotu, izprastu un aprakstītu šajā zonā notiekošos procesus, tiek apskatīta savstarpējā mijiedarbība starp ūdeni – gaisu, ūdeni – iežu daļiņām (Smith and Mullins, 2000)

1.1. Iežu mitrums

Par vienu no svarīgākajām iežu īpašībām tiek uzskatīts mitrums – viss ūdens daudzums, ko satur ieži. Konkrēti ar iežu dabisko mitrumu tiek saprasts ūdens daudzums, kas atrodas iežu porās vai plaisās. Daļa iežu var saturēt lielāku daudzumu ūdens kā citi, to galvenokārt ietekmē iežu daļiņu izmēri un to sadalījums, mineraloģija, organiskā materiāla piejaukums, kā arī sablīvētības pakāpe un cementācija (Sanders, 1998).

Ar dabisko mitrumu raksturo arī ūdens daudzumu, kas ir palicis iežos, pēc pilnīgas liekā ūdens infiltrēšanās dziļāk gravitācijas spēku ietekmē. Dabā šis mitruma daudzums tiek sasniegts pēc divām līdz trīs dienām pēc spēcīgas lietusgāzes. Šajā laikā liekā mitruma zona gravitācijas ietekmē drenējas dziļāk slānī. Pēc tam, kad vertikālā ūdens kustība paliek lēnāka, atlikušais ūdens daudzums tad tiek arī raksturots kā dabiskais mitrums, skatīt 1.1. attēlu (VICAIRE – Module 3, S.a.).



1.1. attēls. Iežu dabiskā mitruma noteikšanas principiālā shēma (VICAIRE – Module 3, S.a.).

Uz līknes (1.1. attēlā) esošais punkts, kas sadala līkni divās daļās varētu tikt aplūkots kā ūdens daudzums iežos, kas atbilst dabiskā mitruma daudzumam. (VICAIRE – Module 3, S.a.).

1.2. Ūdens veidi iežos

Tā kā iežu mitrumu nosaka viss tajos esošais ūdens daudzums, tad liela nozīme ir arī ūdens veidiem iežos. Kopumā iežos izdalāmi pieci ūdens veidi, ko ietekmē gan dabiskie, gan mākslīgie faktori, kas arī nosaka ūdens pāreju no viena veida uz citu (Фролов и Коротких, 1983):

- 1) ķīmiski saistītais ūdens
- 2) ūdens cietā jeb ledus veidā
- 3) ūdens tvaika veidā
- 4) fizikāli saistītais ūdens
- 5) brīvais ūdens

Ķīmiski saistītais ūdens ietilpst dažādu minerālu kristāliskajā režģī, piemēram, ģipša $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sastāvā (Indāns u.c., 1986). Praktiski šis ūdens veids iežu fizikālās īpašības tieši neietekmē, nozīmi tas iegūst tikai pētot iežu mineralogisko sastāvu (Фролов и Коротких, 1983).

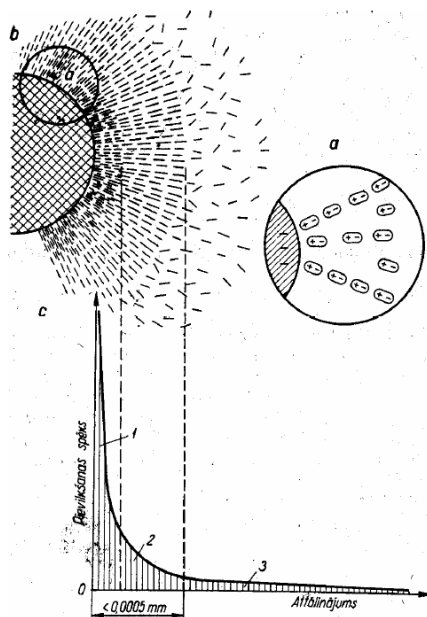
Ūdens cietā veidā sastopams iežos, kuru temperatūra ir zemāka par 0°C . Vāji saistītiem un nesaistītiem iežiem ledus darbojas kā cements, kā rezultātā piešķir tiem cieto iežu īpašības (Indāns u.c., 1986).

Ūdens tvaiks iežos var nonākt no atmosfēras vai arī veidoties pašā iezī esoša ūdens iztvaikošanas rezultātā. Ūdens tvaika daudzums iežu porās un plaisās aerācijas zonā nepārsniedz 0,001 % no ieža masas, tomēr tam ir liela nozīme ģeoloģiskajos procesos, kurus izraisa mitruma izmaiņas iežos saistībā ar tvaika pārvietošanos un kondensēšanos (Indāns u.c., 1986).

Fizikāli saistītais ūdens pēc savām īpašībām ļoti atšķiras no brīvā ūdens, to uz iežu daļiņu virsmas notur elektromolekulārie un osmotiskie spēki. Sevišķi daudz saistītā ūdens satur mālieži, tas izskaidrojams ar šo iežu dispesi koloidālo uzbūvi. Fizikāli saistīto ūdeni var iedalīt kā cieši saistīto (higroskopiskais ūdens) un vāji saistīto (plēvīšūdens) un ļoti vāji saistīto (osmotiskais ūdens) (Indāns u.c., 1986; Фролов и Коротких, 1983).

Nokļūstot minerālās daļiņas elektriskā potenciāla iedarbības laukā, ūdens dipoli tiek pievilkti tās virsmai, skatīt 1.2. attēlu. Attālinoties no daļiņas, elektromolekulārie pievilkšanas spēki ļoti strauji samazinās (proporcionāli attāluma kvadrātam). Tomēr slānī, kura biezums ir 20 – 30 molekulu rindas, šie spēki ir tik lieli, ka ūdens to ietekmē iegūst cieta ķermeņa īpašības. Tas ir **cieši saistītais ūdens**. Cieši saistītā ūdens molekulas no daļiņas virsmas var atraut, tikai karsējot līdz pat šī ūdens pāriešanai gāzveida stāvoklī (Filipenkovs u.c., 2006). Arī šī ūdens īpašības atšķirīgas, kas vairāk raksturīgas cietiem priekšmetiem. Ūdens blīvums ir robežās no 1,2 līdz 1,4 g/cm^3 , sasalšanas temperatūra ir -78°C , elektriski necaurlaidīgs,

maz siltumcaurlaidīgs, un tāpat šim veida ūdenim nepiemīt slapināšana (Фролов и Коротких, 1983).



1.2. attēls. Elektromolekulārā mijiedarbības shēma sistēmā minerālā daļiņa – ūdens.

a - ūdens dipolu orientējums pie daļiņas virsmas; b – ūdens molekulu sadalījums daļiņas ūdens čaulā; c – elektromolekulāro spēku samazināšanās līdz ar attālināšanos no daļiņas: 1 – cieši saistītais ūdens; 2 – vāji saistītais ūdens; 3 - brīvais ūdens (Filipenkovs u.c., 2006)

Tulīt aiz cieši saistītā ūdens slāņa, kas tieši apņem minerālo daļiņu, seko otrs – **vāji saistītais ūdens** slānis. Tā molekulas orientējas pa pirmā slāņa molekulām (1.3. attēls). Vāji saistītais ūdens pārvietojas gruntī plēvīšu biezuma samazināšanās virzienā, tā sasalšanas temperatūra ir no $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ līdz $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, un salīdzinājumā ar brīvo ūdeni tam ir mazāka šķīdināšanas spēja (Filipenkovs u.c., 2006; Indāns, u.c., 1986).

Maksimālo cieši saistītā (absorbētā) ūdens daudzuma un vāji saistītā plēvīšūdens daudzuma summu sauc par grunts maksimālo molekulāro mitrumietilpību. Smiltīm tas sasniedz 3 – 4%, māliem 39 – 41% (Indāns u.c., 1986)

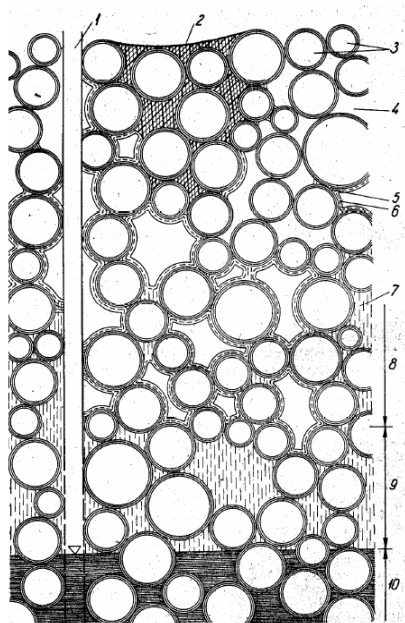
Brīvais ūdens iežos sastopams kā kapilārais un gravitācijas ūdens. **Kapilārais ūdens** aizpilda iežu kapilārās poras ($0,25 - 0,0002\text{ mm}$) un plaisas aerācijas zonā, kapilāro spēku ietekmē paceļoties virs gruntūdeņu līmeņa. Neraugoties uz to, iežos aerācijas zonā nekapilāro poru sašaurinājumos un stūros, kā arī citās cieto daļiņu saskares vietās var rasties saskares kapilārais ūdens, kas izviedojies infiltrācijas vai kondensācijas veidā un nav saistīts ar gruntsūdens līmeni (Indāns u.c., 1986).

Iežu mitrumu, kuru gadījumā visas kapilārās poras pildītas ar ūdeni sauc par iežu *kapilāro mitrumietilpību* (Indāns u.c., 1986).

Iežu kapilaritāti raksturo ūdens kapilārās pacelšanās augstums, kas atkarīgs no grunts plaisu un poru izmēriem vai granulometriskā sastāva. Ūdens kapilārās pacelšanās augstums

virš gruntsūdens līmeņa vidējgraudainām smiltīm ir 0,15 – 0,35 m, smalkgraudainām smiltīm 0,35 – 1,2 m, mālsmiltīm līdz 1,5 m, smilšmāliem līdz 3 - 4 m, bet māliem no 6 līdz 12 m (Indāns u.c., 1986).

Gravitācijas ūdens pārvietojas savstarpēji saistītās iežu porās un plaisās smaguma spēka ietekmē. Atkarībā no ūdenscaurlaidības visus iežus iedala divās grupās – ūdenscaurlaidīgos un ūdensnecaurlaidīgos (Indāns u.c., 1986).



1.3. attēls. Ūdens viedi iežos

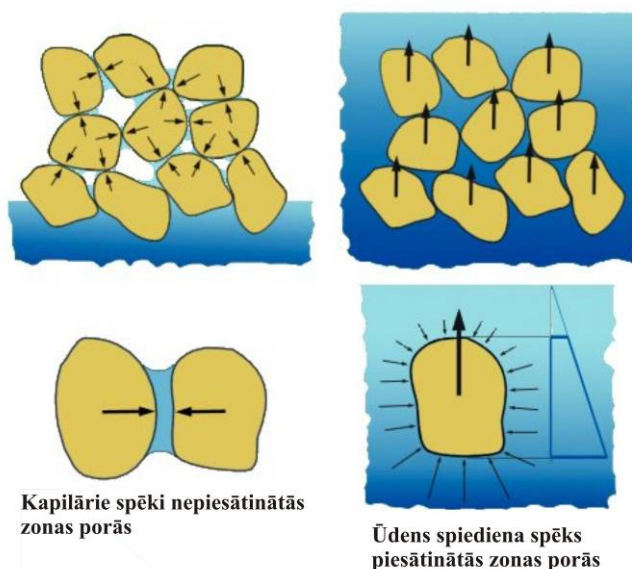
1-caurulīte gruntsūdens līmeņa novērošanai; 2-gravitācijas (no augšas caursūcošais) ūdens; 3-grunts daļiņa, kas pārklāta ar higroskopisko mitrumu; 4-ūdens tvaiks; 5 un 6-saistītais ūdens; 7- brīvais kapilārais ūdens; 8-gaiss un ūdens gruntī; 9-poru aizpildījums ar kapilāro ūdeni; 10-gruntsūdens (Filipenkovs u.c., 2006)

Tā kā pastāv atšķirība starp šiem ūdens veidiem, tad loģiski, ka mainās un atšķiras to kustība un pārvietošanās nogulumos. Gravitācijas ūdens pārvietojas vienīgi gravitācijas ietekmē, kas ir vertikāli lejupejoša nepiesātinātajā zonā. Savukārt kapilārais ūdens var pārvietoties jebkurā virzienā, pat horizontālā. Tā kustību ietekmē kapilārā spiediena gradients, to sauc arī par kapilāro potenciālu. Tādēļ, kad gradients tiek radīts žūstot zemes virsmā, kapilārais ūdens pārvietojas uz žūšanas zonu. Kapilārā ūdens kustību izraisa arī zemes sasalšana, kas samazina ūdens tvaika spiedienu, tādējādi izraisot žūšanai līdzīgus apstākļus. Kapilārais ūdens pārvietojas augšup uz sasalšanas zonu, tur radot ledus kristālus. Hidroskopiskais un plēvīšūdens pārvietojas apstākļos, kad notiek temperatūras un relatīvā mitruma izmaiņas. Tādēļ sasalšanas procesi izraisa mālu sarukšanu, jo samazinās vāji saistītā ūdens daudzums, un izplešanos, kas rodas piesaistot kapilāro ūdeni (Handy, Spangler, 2006).

1.3. Ūdens un iežu savstarpējā mijiedarbība

Ūdens un iežu daļiņas savstarpēji mijiedarbojas, jo pie noteiktiem apstākļiem, ūdens molekulas stipri tiek saistītas un absorbētas uz iežu daļiņu virsmām. Nevienlīdzīgos spēku laukus starp iežu un ūdens saskarsmes zonām izaisa mijiedarbība starp smalkajām iežu daļiņām, izšķīdušajiem joniem un ūdeni. Ja divas daļiņas atrodas ciešā tuvumā, tad attiecīgi to ietekmes lauki un sistēmas ietekmes režīms pārklājas, galvenokārt, kad to spēku lielums ir relatīvi lielāks par pašu daļiņu svaru. Būtiska loma šo abu lielumu mijiedarbībā ir māla daļiņām, to mazo izmēru, unikālo kristālu uzbūves un stāvokļa dēļ, kā rezultātā tām piemīt ļoti liela virsmas enerģija, kas piešķir tām koloīdu īpašības: higroskopiskums, adsorbcijas, jonu apmaiņas, tiksotropijas un koagulācijas spējas. Tāpēc pat neliels mālu daļiņu piejaukums smiltīm piešķir plastiskumu, lipīgumu, uzbriešanas spēju un citas īpašības (Mitchell and Soga, 2000; Indāns u.c., 1986). Tas nozīmē, ka vienādos klimatiskajos apstākļos, ūdens jeb mitruma daudzums mālos būs lielāks nekā smiltīs vai citos smilšainos nogulumos ar rupjāku daļiņu īpatsvaru (Fredlund and Rahadrjo, 1993).

Tā kā mērījumi tika veikti ūdens nepiesātinātajā zonā, tad nozīmīgs ir arī ūdens radītais stressa stāvoklis šajā zonā. Ūdens un iežu savstarpējā iedarbība atšķiras, vai tā notiek ar ūdeni piesātinātā vai nepiesātinātā zonā, jo izmainās abu parametru mijiedarbības intensitāte. Tā rezultātā rodas negatīvs ūdens spiediens nepiesātinātajā zonā, kam piemīt mehānisks efekts apvienot kopā ūdeni no porām, un attiecīgi pozitīvs piesātinātajā zonā, skatīt 1.4. attēlu. Tāpat nepiesātinātajā zonā liela nozīme ir matricas potenciālam, kas piemīt daļiņām. Nesaistītos iežos, kā smiltis un grants, šie spēki nosaka, ka ūdens tiks noturēts adsorbcijas un kapilāro efektu ietekmē. Savukārt saistītos iežos kā māli un dažreiz arī aleirītos, mijiedarbības raksturs ir sarežģītāks, iesaistot arī ķīmiskos procesus. Kopumā visas šīs ietekmes pazīst kā ūdens – iežu mijiedarbības spēkus un to intensitāte tiek noteikta izmantojot iežu uzsūkšanas spēku (VICAIRES – Module 3, S.a.).

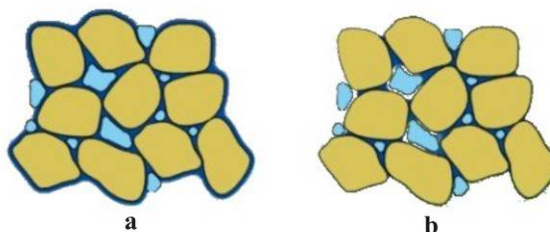


1.4. attēls. Ūdens spiediena ietekme nepiesātinātajā un ūdens piesātinātajā zonā (VICAIRE – Module 3, S.a.)

1.4. Mitruma daudzuma izmaiņas nogulumos

Mitruma daudzuma izmaiņas aerācijas zonā ietekmē gan ārējie, gan iekšējie ģeoloģiski-ģeogrāfiski faktori. Pie ārējiem faktoriem pieskaitāmi klimatiskie, ģeoloģiskie, ģeomorfoloģiskie apstākļi un augu sega. Savukārt pie iekšējiem faktoriem pieskaitāmas tādas nogulumu īpašības kā granulometriskais un mineraloģiskais sastāvs, uzsūkšanas tilpums, hidrofilās īpašības un mitrums (Фролов и Коротких, 1983).

Dabiskos apstākļos ūdens daudzums iežos samazinās iedarbojoties gravitācijas spēkiem, iztvaikošanas rezultātā, kā arī tad, kad to uzņem augi ar saknēm (Smith and Mullins, 2000). Ūdens daudzuma samazināšanos gravitācijas spēku ietekmē nepiesātinātajā zonā sauc par infiltrāciju, kura rezultātā ūdens no zemes virsmas pārvietojas dziļāk slānī (Sanders, 1998). Nepiesātinātos graudainos iežos ar augstu piesātinājuma pakāpi ūdens sākumā kustas plūsmveidīgi, līdzīgi kā piesātinātajā zonā, bet plūsmu virziens ir vērsts perpendikulāri slānim. Kad piesātinājuma pakāpe sāk samazināties, izteiktas plūsmas izzūd un ūdens kustas vienīgi plānos slānīšos ap iežu daļiņām, skatīt 1.5. attēlu. (VICAIRE – Module 3, S.a.). Infiltrācijas lielumu parasti ietekmē zemes virsma, veģetācijas sega un tādas fizikālās īpašības kā porainība, filtrācijas koeficients. Liela nozīme ir arī mitruma daudzumam, jo, piemēram, nogulumiem atrodoties sausā stāvoklī būs ātrāka ūdens infiltrācijas, nekā ar paaugstinātu mitruma daudzumu (Todd and Mays, 2005; Sanders, 1998).



1.5. attēls. Ūdens kustības shēma nepiesātinātos graudainos iežos. a – pie augstas piesātinājuma pakāpes, b – pie zemas piesātinājuma pakāpes (VICAIRE – Module 3, S.a.)

Savukārt no meteoroloģiskajiem apstākļiem liela nozīme ir vēja stiprumam, gaisa temperatūrai un relatīvajam gaisa mitrumam, kas ietekmē iežu žūšanas ātrumu. Kad nogulumi ir mitri, iztvaikošanas lielums tiek noteikts pēc enerģijas bilances starp nogulumiem un atmosfēru, un gaisa plūsmu (vēja) ātruma. Visātrāk nogulumos izzūst makroporas, un pēc tam ūdens iztvaikošana notiek salīdzinoši lēni, un tad lielu nozīmi iegūst nogulumu fizikālās īpašības (White, 1997).

Tāpat iežu žūšanas procesā nav mazsvarīgs iežu granulometriskais sastāvs, kas savukārt ietekmē poru izmēru sadalījumu, jo samazinoties ūdens daudzumam, daļa ūdens noturas porās kapilāro spēku ietekmē. Lai atbrīvotu papildus ūdeni no jebkāda stāvokļa, ir nepieciešama enerģija, kas tiek saukta par iežu matrices potenciālu (lielākas negatīvās vērtības nozīmē, ka nepieciešama lielāka enerģija, lai atbrīvotu papildus ūdeni no iežiem). Daudzviet lieto arī apzīmējumu „matrices uzsūkšanas spēja”, kas reprezentē to pašu, tikai pozitīvās mērvienībās, piemēram, matrices potenciālā – 1 kPa, ir tas pats kas „matrices uzsūkšanas spēja” 1 kPa. Parasti lieto kPa mērvienības, kas ir ņemtas no SI sistēmas, savukārt 1935. gadā R. Schofield ierosināja lietot pF skalu, kas ir logaritms no iežu uzsūkšanas, izteikts vienā ūdens cm. Šī skala ir analoga pH skalai (Smith and Mullins, 2000).

Ūdens daudzumu, kas nogulumos saglabājas pie zemas uzsūkšanas spējas (0 – 100 kPa), ļoti ietekmē un nosaka kapilārais efekts, un tādēļ liela nozīme ir poru izmēru sadalījumam (Smith and Mullins, 2000). L. M. Arya un J. F. Paris savā fiziski – empīriskajā metodē (Frenlund et al, 2002), kas ļāva novērtēt iežu un ūdens savstarpējo raksturlīkni, pieņēma, ka poru izmēru un granulometriskais sadalījums iežos ir savstarpēji cieši saistāmi, jo lielāka izmēra daļiņas savā starpā veido lielākus tukšumus nekā mazāka. Taču jāņem vērā arī fakts, ka lielākos tukšumus aizpilda mazāka izmēra daļiņas, kas rezultātā samazina rupjāko daļiņu īpatsvaru uz iežu – ūdens raksturlīkni (Frenlund et al, 2002). Bet kopumā smilšaini nogulumi satur liela izmēra poras, tādēļ lielākā daļa ūdens atbrīvojas pie zemas uzsūkšanas spējas. Savukārt mālaini ieži atbrīvo salīdzinoši mazu daudzumu ūdens daudzumu pie zema

uzsūkšanas spēka un saglabā arī lielāko daļu ūdens pat pie augstām uzsūkšanas vērtībām, kur galvenokārt mitruma daudzumu veido ūdens absorbcija uz mālaino daļiņu virsmas (Smith and Mullins, 2000).

1.5. Mitruma daudzuma noteikšanas metodes

Hidroģeoloģijas pētījumos, lai noteiktu mitruma daudzumu iežos tiek izmantotas vairākas metodes (Sanders, 1998):

- gravimetriskā metode;
- ekstrapolācija no tensiometra datiem;
- elektriskā pretestība;
- neitronu zonde;

Gravimetriskā metode pamatā ir parauga noņemšana no mitriem iežiem, tā nosvēršana un izžāvēšana temperatūrā starp 100 un 110 °C, bet bieži vien pie 105 °C, līdz vairs nenotiek svara samazināšanās. Tad tiek veikta atkārtota nosvēršana, lai noteiktu ūdens masu paraugā, izmantojot šādu vienādojumu:

$$W = \frac{m - m_{sk}}{m_{sk}},$$

kur: W – dabiskais mitrums;

m – parauga masa pirms žāvēšanas, g;

m_{sk} - parauga masa pēc žāvēšanas, g;

Šīs metodes priekšrocība ir, ka tā ir vienkārša, viegla, neprasa specializētas iekārtas. Gala rezultātā tiek iegūts konkrēts mitruma daudzums, kam nav nepieciešama papildus kalibrēšana. Kā arī zinot ūdens tilpumu paraugā, ir iespējams noteikt citus fizikālos lielumus, piemēram, porainību. Savukārt par šīs metodes trūkumiem var uzskatīt, ka mitruma daudzums tiek noteikts laboratorijas apstākļos un prasa 24 stundas, lai iegūtu gala rezultātu (Sanders, 1998; Smith and Mullins, 2000).

Tensiometrs ir ar ūdeni piepildīta caurule, kas tiek ievietota urbumā. Caurule augšējā daļā ir izolēta, bet apakšējā daļā ir poraina. Ūdens pa vienu galu izplūst ārā iežos, kas izraisa pazemināta spiediena (attiecībā pret atmosfēras spiedienu) apstākļu veidošanos caurulītes augšdaļā. Sausos iežos izplūdis vairāk ūdens un tā rezultātā spiediena samazinājums caurules augšdaļā būs lielāks. Mērinstruments, manometrs vai spiediena devējs, kas atrodas augšpusē reģistrē spiediena samazināšanos un uzrāda rezultātus grunts uzsūkšanas spējas vienībās (pF). Tensiometrs var tikt lietots, lai iegūtu relatīvus mērījumus par iežu mitrumu. Šīs metodes priekšrocība ir tā, ka vientreiz ierīkojot tensiometru, to var atstāt vienā vietā uz ilgu laiku. Savukārt par trūkumiem uzskata to, ka iegūtie dati jāuzskata par relatīviem, kamēr nav iegūta

iežu mitruma un sprieguma līkne, kuras sastādīšanai ir nepieciešams izmantot arī gravimetrisko metodi (Sanders, 1998).

Elektriskās pretestības metode balstās uz principu, ka elektrība vieglāk plūdis caur mitriem iežiem nekā sausiem. Ievietojot elektrodus iežos, strāva plūdis starp elektrodiem un pretestība tiks mērīta izmantojot ommetru. Tā kā iežu tips, mitruma daudzums un piesātinājuma pakāpe ietekmē pretestību, šī metode ir jāizmanto kombinācijā ar gravimetrisko metodi, lai izveidotu iežu mitruma – elektriskās pretestības līkni. Pretējā gadījumā šo metodi var izmantot vienīgi, lai mērītu relatīvas atšķirības iežu mitrumā. Metodes priekšrocība ir tā, ka elektrodi var tikt atstāti paraugošanas vietā uz ilgu laiku. Par metodes trūkumiem uzskata to, ka mērījumu process prasa vairāk par 24 stundām, un uzstādot elektrodus tiek izjaukta iežu struktūra (Sanders, 1998).

Neitronu zondes izmanto, lai noteiktu iežu mitruma daudzumu urbumos. Pie atbilstošas piemērošanas, zondēšanu var izmantot arī zemes virspusei. Raidītajiem ātriem neitroniem saskaroties ar ūdens molekulām, to kustība palēninās, kļūstot par lēniem neitroniem. Rezultātā tiek apkopots lēno neitronu daudzums. Jo mitrāks ir iezis, jo rodas vairāk lēno neitronu, tā rezultātā urbumos var izveidot iežu mitruma profilus.

2. MATERIĀLI UN METODES

Bakalaura darba izstrāde tiks sadalīta vairākos posmos. Vispirms tika apzināta un studēta literatūra par iežu mitrumu un to ietekmējošajiem faktoriem, lai iegūtu vispārīgu priekšstatu par darbā apskatāmo tēmu. Otkārt, tika plānoti, kā arī veikti lauka darbi trīs smilts – grants karjeros un vienā māla karjerā, kur lauka apstākļos tika noteikts smilts un mālu slāņu mitrums un tā izmaiņas laikā, kā arī veikta paraugu noņemšana laboratorijas analīzēm. Pēc tam tika veikti laboratorijas darbi, pēc kuriem notika visu iegūto datu apstrāde, analīze un interpretācija.

2.1. Literatūras studijas

Lai iegūtu nepieciešamo informāciju par pētāmo tēmu tika apzināta pieejamā zinātniskā literatūra Latvijas Universitātes Zemes un vides zinātņu bibliotēkā un, kā arī Latvijas Universitātes tīklā pieejamā e-grāmatu datubāze EBRARY Academic Complete, kas pieejama <http://site.ebrary.com/lib/latvia>. Lai iepazītos ar citu autoru pētījumiem līdzīgā jomā, izmantoju Latvijas Universitātes tīklā pieejamās datu bāzes SprigerLink un ScienceDirect, kā arī Interneta pārlūkprogrammu Google Scholar, pieejams <http://scholar.google.lv/>. Pēc iegūtās informācijas apkopošanas, tā tika izvērtēta un atlasīta noderīgākā tālākā pētījumu realizēšanai.

Literatūras studiju laikā tika iegūtas teorētiskas zināšanas par nogulumu dabisko mitrumu, to veidojošajiem un ietekmējošajiem faktoriem. Izzināti procesi starp smilšaino nogulumu daļiņām un ūdeni, kā arī noskaidots kādi faktori un cik lielā mērā ietekmē ūdens samazināšanos nogulumos, un kāda ir nozīme granulometriskajam sastāvam šajos procesos (Fredlund D. G., Rahadrjo 1993; Craig R.F. 1997; Indāns u.c. 1986; Mitchell J.K., Soga K. 2005; Smith K.A., Mullins C.E. 2000; Todd L.M., Mays D.K. 2005; Фролов А.Ф., Коротких И.В. 1983; Fredlund M. D et al. 2002).

Tika apzināta vairāku smilts – grants karjeru ģeoloģiskā uzbūve, kuru rezultātā tika izvēlēti karjeri, kuros ir sastopami dažāda granulometriskā sastāva slāņi, konkrēti „Ezeri” un „Mazie Kangari” VI laukums. Tāpat lauka darbi tika veikti smilts – grants karjerā „Kurzemnieki”, kur sastopama grantaina smilts ar augstu smalko daļiņu īpatsvaru, un māla karjerā „Progress”, kur sastopami aleirīta, māla un ļoti smalkas smilts slāņi, lai noteiktu cik liels dabiskā mitruma daudzums ir šāda sastāva nogulumos, kā arī novērtētu mitruma izmaiņas tajos.

Lai raksturotu meteoroloģiskos apstākļus, kādi bija veicot lauka darbus, tika izmantoti dati no tuvākajām meteoroloģiskajām stacijām. Tāpēc, lai raksturotu meteoroloģiskos

apstākļus, veicot lauka darbus smilts – grants karjerā „Mazie Kangari” VI laukumā un „Ezeri”, tika izmantoti dati no Rīgas meteoroloģiskās stacijas. Savukārt smilts – grants „Kurzemnieki” raksturošanai tika izmantoti dati no Stendes meteoroloģiskās stacijas, bet māla karjeram „Progress” no tuvumā esošās Jelgavas meteoroloģiskās stacijas. Informācija par novērojumiem tika iegūta no Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra mājas lapā pieejamajiem meteoroloģisko un hidroloģisko novērojumu datiem, no kuriem tika iegūta informācija par faktisko, maksimālo un minimālo gaisa temperatūru, kā arī par vēja stiprumu un relatīvo mitrumu. Šo datu apkopošana vajadzīga, lai novērtētu kādas un cik lielas atšķirības pastāv starp lielumiem lauka darbu mērījumu laikā, kas nepieciešama pie tālākas datu analīzes.

2.2. Lauka darbi

Lauka darbi karjerā „Mazie Kangari” tika veikti 2009. gada 27. jūnijā un 6. un 28. jūlijā, savukārt karjerā „Ezeri” 13. jūlijā un karjerā „Progress” 6. augustā, bet smilts – grants karjerā „Kurzemnieki” 9. augustā, 11. augustā un 24. augustā. Pētījuma vietu apsekošanas laikā tika veikta karjera atsegumu attīrīšana, dokumentēšana, fotogrāfēšana un skices zīmēšana lauka grāmatiņā. Kā arī, izmantojot globālās pozicionēšanas sistēmas mēriekārtu MAGELLAN EXPLORIST 600 GPS, noteiktas atsegumu taisnleņķa koordinātes LKS-92 koordinātu sistēmā.

Pēc atseguma attīrīšanas tika izvēlēts, kuru slāni atsegt, lai uz tā horizontālās virsmas izveidotu 1x1 m lielu laukumu. Galvenokārt tika izvēlēti viendabīgi slāņi, kuru biezums ir vismaz 20 cm. Nogulumu biezums bija svarīgs, tāpēc ka sensoru adatu garums ir 5 cm, un pēc slāņa horizontālās atsegšanas un virsmas nolīdzināšanas, slāņa biezums nedrīkst būt mazāks. Tāpat tika novērtēts vai slāņi nav pārāk blīvi un vai nesatur lielu daudzumu grantainā un oļainā materiāla, kas aprūtinātu sensoru adatu ievadīšanu slānī.

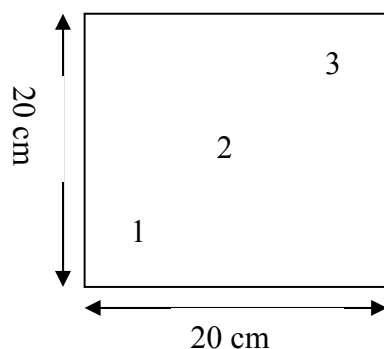
Pēc slāņa atsegšanas vairākās vietās, izmantojot līmeņrādi, tika pārbaudīts vai virsma ir līdzena, jo pretējā gadījumā pēc papildus ūdens pievadīšanas tas notecētu uz relatīvi zemākajām vietām. Tā rezultātā rastos nevienmērīga ūdens pieplūde laukumam, kas izraisītu nevienlīdzīgu mitruma sadalījumu slānī. Jo rastos zonas ar augstu un zemāku mitruma daudzumu, kas radītu datu kopu ar plašu diapazonu, kuru, tālāk apstrādājot, rastos neprecīzi rezultāti. Tad uz slāņa virsmas tika uzzīmēts 1x1 m liels kvadrāts, kas tika vēl sadalīts 20x20 cm lielos laukumos, lai pēc laistīšanas robežas neizzustu, līniju krustpunkti tika atzīmēti ar spilgtas krāsas mietiņiem skatīt 2.1. attēlu.



2.1. attēls. Smilts – grants karjera “Ezeri” 1. parauglaukums (autores foto, 06.07.2010)

Pēc tam, izmantojot ΔT mitruma mērītāju HH2, kas papildināts ar datu uzkrāšanas bloku un sensoru SM – 200 (adatu garums 51 mm, mērīšanas diapazons 0 - 50%, precizitāte $\pm 3\%$), tika noteikts mitrums pirms laistīšana. Ar šo mērāperātu mitruma daudzumu nosaka izmantojot diaelektriskās konstantes metodi, kurā tiek mērīta nogulumu, ko uzskata par nevadītāju, kapacitāte, raidot augstas frekvences elektro – magnētiskos viļņus vai impulsus, kad sensors ir ievadīts zemē. Impulsu izplatības ātrums ir atkarīgs no caurlaidības starp iezi un sensoru adatām. Iegūtajiem rezultātiem, veicot to kalibrāciju, nosaka mitruma daudzumu nogulumos. Metodes pamatā ir fakts, ka sausiem nogulumiem diaelektriskās vērtības ir robežās no 2 līdz 5, bet savukārt ūdenim 80, mērījumus izdarot starp 30 MHz un 1 GHz. Šīs metodes priekšrocība ir tā, ka iespējams ātri un vienkārši iegūt nepieciešamos datus, jo tiek izmantots sensors, kura jūtīgo daļu (adatas) ievieto zemē. Savukārt par metodes trūkumu var uzskatīt to, ka sensoru nevar izmantot nogulumos, kuru sastāvā ir rupjāks frakciju piejaukums, kā arī kuri ir blīvi un sausi. (Prichard, S.a; Delta – T Device, 2006; Smith and Mullins . 2000).

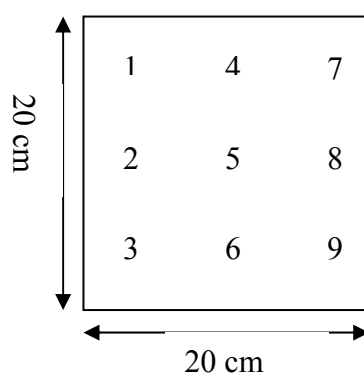
Katrā 20x20 cm lielajā laukumā pa diagonāli tika veikti trīs instrumentāli mērījumi, skatīt 2.2. attēlu. Kopā laukumā tika veikti 75 mērījumi, lai vēlāk tos apstrādājot, noteiktu mitruma daudzumu slānī pirms laistīšanas.



2.2. attēls. Mērījumu vietas 20 x 20 cm lielajā laukumā pirms laistīšanas.

Pēc tam, kad tika noteikts slāņa mitrums pirms laistīšanas, atsegtais laukums tika laistīts ar 10 l ūdens no lejkannas (ar sietiņu). Laistīšana notika lēnām, pēc iespējas vienmērīgi nosedzot visu laukumu. Pirms laistīšanas tika noteikts laiks, cikos tā tiek uzsākta.

Kad laukuma laistīšana tika pabeigta, tika uzsākta mitruma daudzuma mērīšana, izmantojot to pašu mitruma mērītāju, tikai šoreiz katrā mazajā laukumā veicot pa vienam mērījumam, kopumā vienā mērījuma reizē tika veikti 25 mērījumi. Laika intervāls starp mērījuma reizēm bija 3 un 5 minūtes „Mazo Kangaru” 1. laukumā, 15 minūtes „Mazo Kangaru” 2. un 3. laukumā, „Ezeru” 1., 2. un 3. laukumā un „Kurzemnieku” 2., 3. un 4. laukumā. Skatīt 2.3. attēlu., kur attēlotas mērījumu reizes vietā mazajā laukumā.



2.3. attēls. Mērījuma reizes atrašanās vietas 20 x 20 cm lielajā laukumā pēc laistīšanas

Četros laukumos, māla karjera „Progress” 1. un 2. slānī un smilts – grants karjera „Kurzemnieki” 1. un 2. laukumā, tika veikti mitruma daudzuma mērījumi bez papildus mitrināšanas. Ar 30 minūšu intervālu tika veikts viens instrumentāls mērījums mazajā laukumā.

Lai gan izvēloties un attīrot slāņa virsmu tika izvēlēti slāņi, kuros nebūtu sastopami dzelzs savienojumu ieskalojumi no augsnes, tad tomēr mērījumu laikā dažos slāņos, ievietojot sensoru, varēja just nelielu pretestību, kas liecināja par dzelzs savienojumu ieskalojumu klātbūtni. To apstiprināja paaugstinātais mitruma daudzums salīdzinot ar mērījumiem līdzīga granulometriskā sastāva slāņos. To izskaidro fakts, ka dzelzs savienojumiem augsnē piemīt koloīdu īpašības līdzīgi kā māla daļiņām, līdz ar to ūdens tiek absorbēts uz to virsmas (Ashman, Puri, 2002). Tad šis mērījums netika reģistrēts un tika veikts atkārtots mērījums citā vietā.

Pēc mērījumu pabeigšanas tika noņemts paraugs granulometriskajai analīzei laboratorijā. Paraugu veidoja neliels daudzums smilšaino nogulumu no katra mazā laukuma (20x20 cm), tādejādi tika iegūts kompleksais paraugs, kas reprezentē visu laukumu.

Noņemtajam paraugam klāt tika pievienota etiķete, kurā tika norādīta paraugošanas vieta, datums un parauglaukuma numurs.

2.3. Laboratorijas darbi

Laboratorijas darbi tika veikti Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Iežu pētījumu laboratorijā. Laboratorijas apstākļos tika noteikts paraugoto slāņu granulometriskais sastāvs, izmantojot sietu metodi. Pirms paraugu sijāšanas, tie tika žāvēti Memmert UFE 400 žāvēšanas iekārtā. Kad paraugi bija izžāvēti, sietu metodei tika izmantots līdz 150 g lieli iesvari. Paraugiem, kur klāt bija oļains materiāls, tika izmantoti 5 mm – 0,05 mm sieti, bet smilts frakcijai sieti ar izmēriem no 1 mm – 0,05 mm. Analīze tika veikta izmantojot sijāšanas vibroiekārtu Retsch AS200, un katrs paraugs tika sijāts 10 minūtes. Pēc tam sietā esošās frakcijas daudzums tika iebērts plastmasas trauciņā un tika noteikts tās svars izmantojot elektroniskos svarus Kern EW600-2M.

Savukārt paraugiem, kas sastāvēja no smalkākajām daļiņām tika izmantota gan sietu metode, gan hidrometra metode, kuras pamatā ir suspensijas blīvuma izmaiņas izgulsnējoties suspendētajām daļiņām. Paraugi, kuru iesvars analīzei tika izvēlēts līdz 100 g, tika izskaloti caur 0,05 mm sietu. Daļiņas, kas palika uz sieta tika izžāvētas Memmert UFE 400 žāvēšanas iekārtā, un pēc tam izsijātas, izmantojot sijāšanas vibroiekārtu Retsch AS200. Savukārt daļiņas, kas bija mazākas par 0,05 mm, to granulometriskais sastāvs tika noteikts izmantojot 152H tipa hidrometru, bet pirms analīzes uzsākšanas esošā suspensija tika izžāvēta, tad sausajam paraugam tika pievienots 130 ml nātrija heksametafosfāta šķīdums ((NaPO₃)₆), pēc tam paraugs tika atstāts uz diennakti atmiešņēties. Nākošajā dienā sagatavotie paraugi tika ielieti 1000 ml stikla cilindrā un pievienots ūdens līdz 1000 ml atzīmei. Tika sagatavots arī viens 1000 ml cilindru, kurā ielej 130 ml nātrija heksametafosfātsa šķīdumu un pievieno destilētu ūdeni līdz 1000 ml atzīmei, šis cilindrs tika izmantots ūdens temperatūras un blīvuma nolasījumiem. Pirms metodes uzsākšanas cilindrā esošais paraugs tika uzduļķots, pēc kā tika uzsākti blīvuma nolasījumi ik pēc 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 un 1420 minūtēm.

2.4. Kamerālie darbi

Šajā darba izstrādes posmā tika veikta iegūto datu matemātiskā un statistiskā apstrāde, lai iegūtu vajadzīgos lielumus, kā arī veikta šo datu vizualizācija izmantojot nepieciešamās datorprogrammas. Tāpēc šos darbus var izdalīt šādos posmos: labrotorijas datu, lauka mērījumu datu apstrāde, datu grafiska attainošana un karšu sastādīšana.

Iegūtie dati par paraugu daļiņu izmēriem tika izmantoti, lai iegūtu katras frakcijas procentuālo saturu pret parauga kopējo masu. Nepieciešamā lieluma iegūšanai tika izmantota 2.1 vienādojums, kura pamatā ir attiecība starp frakcijas masu un kopējo parauga masu izteiktu procentos:

$$X = \frac{m_{fr} \cdot 100}{m_{paraugam}}, \text{ kur} \quad (2.1)$$

X – frakcijas procentuālais saturs paraugā, %

m_{fr} – frakcijas masa, g

$m_{paraugam}$ – parauga kopējā masa, g

Šis vienādojums tika izmantots tikai paraugiem, kas tika sijāti caur sietiem. Savukārt, lai aprēķinātu frakciju procentālo saturu paraugiem, kuriem izmantoja hidrometra (sedimentācijas) metodi, tika izmantots Stoksa likums, kas sniedz saistību starp sfērisku daļiņu grimšanas ātrumu šķīdumā un to diametru. Šo likumu nevar piemērot daļiņām, kuru izmēri ir mazāki par 0,0002 mm, kuru nogulsnešanos ietekmē Brauna kustība (Aysen, 2005; Craig, 1997):

$$D = \sqrt{18\eta v / (\gamma_s - \gamma_w)} \quad (2.2)$$

kur: D – sfērisko daļiņu diametrs, cm;

η – ūdens dinamiskā viskozitāte; (N·s)/cm²

v – sfērisko daļiņu izgulsnēšanās ātrums, cm/s;

γ_s – daļiņu īpatnējais svars; N/cm³

γ_w – ūdens īpatnējais svars;

Nolasījumi konkrētā laika vienībā dod iežu daļiņu daudzumu g/1000 ml šķīdumā pie hidrometra tilpuma centra. Attālums no nolasījuma līdz centram, ko apzīmē ar L, reprezentē garumu, ko aizņem daļiņas ar specifisku diametru šajā laikā. Tāpēc lielumu v var aizvietot ar L/t, un pārveidojot vienādojumu, izmantojot SI vienības iegūst 2.3. formulu (Aysen, 2005):

$$D = \sqrt{L/10} \times 1,749 \sqrt{\eta / (\rho_s - \rho_w)} \times 10 / \sqrt{t} \quad (2.3)$$

kur: D – sfērisko daļiņu diametrs, μm;

η – ūdens dinamiskā viskozitāte, 10³ * N/m² * s;

t- laiks, min;

ρ – blīvums g/m³;

L – hidrometra efektīvais dziļums, m;

Lai aprēķinātu katras frakcijas procentuālo saturu, kas ir smalkāki par doto frakcijas diametru, izmanto 2.4. vienādojumu, kur parametrs a tieši koreģē nolasījumu uz daļiņu īpatnējo gravitāciju, ko rada hidrometrs (Aysen, 2005);

$$P_f = R_C \cdot a / M_s \cdot 100\% \quad (2.4.)$$

kur: P_f – frakcijas procentuālais sastāvs;

M_s – sausa parauga masa, g;

R_C – hidrometra temperatūras nolasījumu, ūdens blīvuma, un meniska efekta koriģētās vērtības;

a – korekcijas koeficients;

Pēc iegūtajiem analīžu rezultātiem tika izdalītas frakcijas, izmantojot 2.1. tabulā norādīto sadalījumu.

2.1. tabula

Frakciju sadalījums pēc daļiņu izmēriem, mm (izgatavojusi autore, izmantojot Aysen, 2005)

0,002		0,06			2,0			60,0		
Māls	Putekļi			Smilts			Grants			Oļi
	0,006	0,02		0,2	0,6		6,0	20,0		
	smalka	vidēji rupja	rupja	smalka	vidēji rupja	Rupja	smalka	vidēji rupja	rupja	

Pēc granulometriskā sastāva tika noteikts nogulumu litoloģiskais tips. Iežus, kas satur vairāk nekā 3 % mālu daļiņu, sauc par māliežiem. Savukārt rupjdrupu un smilšaino nogulumu klasifikācija pēc noteikta lieluma sastāvdaļu satura, skatīt 2.2 tabulu. Lai noteiktu iežu nosaukumu pakāpeniski jāsummē iežu sastāvdaļu procentuālie daudzumi (Indāns u.c., 1986).

2.2. tabula

Rupjdrupu un smilšaino nogulumu klasifikācija (Indāns u.c., 1986)

Iežu nosaukums	Raksturīgā diametra d sastāvdaļu saturs (masas procentos) sausā iezī
Laukakmeņi (blāķi)	$d > 200 \text{ mm} > 50 \%$
Oļi (šķembas)	$d > 10 \text{ mm} > 50 \%$
Grants (zvirgzdī)	$d > 2 \text{ mm} > 50 \%$
Grantaina smilts	$d > 2 \text{ mm} > 25 \%$
Rupjgraudaina smilts	$d > 0,5 \text{ mm} > 50 \%$
Vidējgraudaina smilts	$d > 0,25 \text{ mm} > 50 \%$
Smalkgraudaina smilts	$d > 0,1 \text{ mm} > 75 \%$
Putekļaina smilts	$d > 0,1 \text{ mm} < 75 \%$

Ar datorprogrammas Microsoft Excel palīdzību tika izveidota katra paraugotā slāņa kumulatīvā līkne, kas ataino laboratorijā iegūtos granulometriskās analīzes rezultātus. Grafīkos uz x ass tika atlikti frakciju izmēri logaritmiskajā mērogā, bet uz y ass tika attēlots frakciju summārais procentuālais sastāvs.

Izmantojot iegūtās nogulumu granulometriskā sastāva kumulatīvās līknes, tika noteikts iežu neviendabīguma koeficients pēc 2.5. formulas:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (2.5)$$

kur d_{60} un d_{10} - to iežu sastāvdaļu diametri, par kuriem mazākas sastāvdaļas veido attiecīgi 60% un 10% no iežu kopējās masas (Indāns u.c., 1986). Lielākas šī koeficienta vērtības norāda uz plašu daļiņu izmēru diapazonu iežos (Craig, 1997). Granulometriskā sastāva nevienādīguma pakāpes Cu iedalījums ir šāds (Indāns u.c. 1986):

- viendabīga, ja $Cu < 3$;
- nevienādīga, ja $3 < Cu < 6$;
- ļoti nevienādīga, ja $Cu > 6$.

Iegūto mitruma daudzuma datu apstrādei tika pielietotas vienkāršas datu statistiskās analīzes metodes. Lai iegūtu vērtību, kas raksturo katra parauglaukuma mitruma daudzumu pirms laistīšanas, kā arī katras mērījumu reizes, pēc laukuma papildus samitrināšanas, tika aprēķināta katras datu kopas vidējais aritmētiskais lielums.

Savukārt, lai labāk raksturotu slāņu dabiskā mitruma sadalīju pirms laistīšanas, kā arī vēlāk labāk analizētu mitruma sadalījumu pēc papildu mitrināšanas, tika aprēķināta arī standartnovirze jeb vidējā kvadrātiskā novirze, kas ir galvenais varianšu izkļedes rādītājs. Jo palielinoties pazīmes variēšanai pieaug standartnovirzes vērtība, savukārt mazāka standartnovirze atbilst blīvākiem, vienveidīgākiem rezultātiem. Standartnovirze ir nosaukts skaitlis, tai ir tā pati mērvienība, kas variantēm. Mazāka standartnovirze norāda uz to, ka vairāk vērtību atrodas tuvāk vidējai aritmētiskai vērtībai (Liepa, 1974). Tās aprēķināšanai tika izmantota 2.6. formula, kuru izmanto grupētām paraugkopām:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i n_i (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad i = 1, 2, \dots, k., \quad (2.6)$$

kur: S - standartnovirze

n_i - i - tās klases frekvence

x_i - i - tās klases vidējā vērtība

\bar{x} - datu kopas vidējā vērtība

n - paraugkopas apjoms

Bet, lai veiktu šos aprēķinus, paraugkopa bija jāsadala klasēs. Tāpēc katrai laukumam paraugkopai tika aprēķināta variēšanas amplitūda, kas ir starpība no maksimālās un minimālās vērtības. Zinot to, tika iegūts klases intervāla garums pēc 2.7. formulas (Liepa, 1974):

$$c = \frac{l}{k} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k}, \quad (2.7)$$

kur: c - klases intervāls garums

l - izkļedes intervāls

k – klašu skaits

Paraugkopas tika dalīta desmit klasēs, pēc aprēķinātā intervāla garuma. Visi aprēķini tika veikti izmantojot Microsoft Excel datorprogrammu.

Dabiskā mitruma daudzuma standartnovirzes aprēķini tika veikti deviņiem laukumiem, konkrēti smilts – grants karjera „Mazie Kangari” VI laukuma 1., 2. un 3. parauglaukumam, „Ezeri” 1., 2. un 3. parauglaukumam, kā arī „Kurzemieku” 2., 3. un 4. laukumam, jo šiem laukumiem ir samērā lielas datu kopas, kas reprezentē to dabiskā mitruma daudzumu.

Izmantojot Microsoft Excel darorprogrammu, tika izveidoti grafiki, kas attēlo katra paraugotā slāņa mitruma daudzuma izmaiņas laikā, kur tāpat kā iepriekšēos grafikos uz x ass tika atlikts laiks stundās, bet uz y ass mitruma daudzums nogulumos izteikts procentos. Lai labāk raksturotu abu parametru lineāro saistību, izveidotajiem grafikiem tika noteikts determinācijas koeficients (R^2), kas ir korelācijas koeficienta kvadrāts. Tas rāda, cik lielu rezultatīvās pazīmes izklīdes daļu izskaidro tās lineārā saistība ar faktoriālo pazīmi (Liepa, 1974). Tā aprēķināšanai tika izmantota Microsoft Excel darorprogrammu. Tāpat ar šīs datorprogrammas palīdzību caur mērījumu paunktiem tika izvilka izlīdzinātā regresijas līnija. Tas nozīmē, ka lauzto empīrisku līniju aizstāj ar tādu līniju, kas punktu kopā ieņem vidēju stāvokli, un tā tiek izvilka tā, lai tiktu realizēts vismazāko kvadrātu princips (Liepa, 1974). Šī izviltā līkne tad tiek arī uzskatīta par slāņu žūšanas līniju.

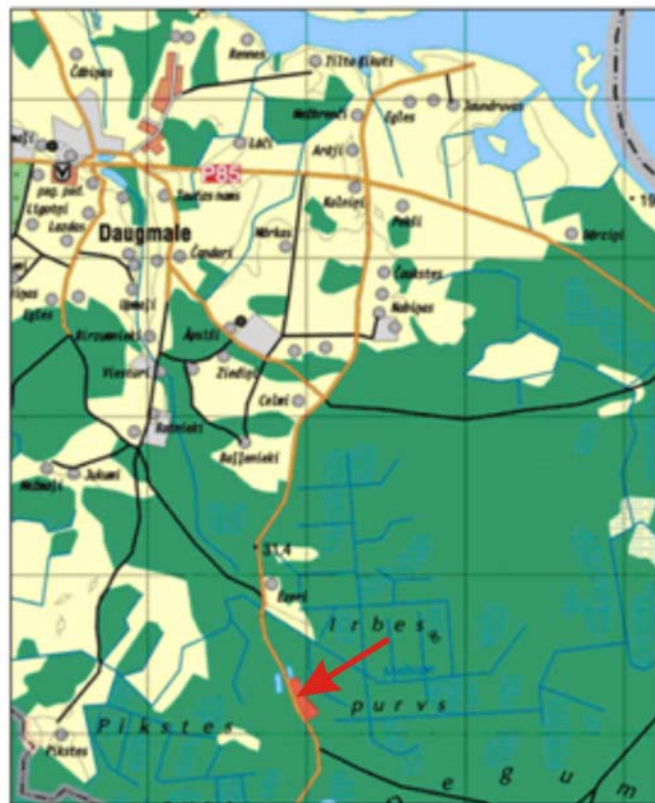
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē, ĢIS laboratorijā, izmantojot datorprogrammu ArcMap 9v., tika izveidotas kartes, kurās attēlots karjeru ģeogrāfiskais novietojums. Par kartes pamatni tika ņemta TOPO 50K Satelītkarte, uz kuras, ar laukuma apzīmējumu palīdzību, tika atainotas aptuvenas karjeru aprises. Savukārt, izmantojot karšu slāni ORTOFOTO 3, uz tā tika attēlots izveidotais datu slānis „Parauglaukumi”. Tā rezultātā tika izgatavotas kartes, kas attēlo parauglaukumu novietojumu karjerā. Izmantojot datorprogrammā ArcMap 9v., tika precizētas arī parauglaukumu koordinātes, kas tika noteiktas lauka apstākļos izmantojot globālās pozicionēšanas sistēmas mēriekārtu MAGELLAN EXPLORIST 600 GPS.

3. PĒTĪJUMU VIETU RAKSTUROJUMS UN LAUKA EKSPERIMENTI TAJĀS

3.1. Izpētes vietu ģeogrāfiskais novietojums un fiziogēogrāfiskais raksturojums

Smilts – grants karjers „Ezeri” atrodas Rīgas rajona Daugmales pagastā, 3 km uz dienvidaustrumiem no Daugmales un 0,5 km uz dienvidiem no Ezeru mājām. Tās ģeogrāfiskās koordinātes ir $56^{\circ} 47' 33''$ Z.pl un $24^{\circ}26'33''$ A.g. Atradne atrodas blakus 2.šķiras autoceļam Iecava – Daugmale, skatīt 3.1. attēlu (Bernāns, 1999).

Ģeomorfoloģiski Ezeru atradne atrodas Vidusdaugavas nolaidenuma rietumu daļā. Reljefu šeit veido Zemgales sprostbaseina akumulatīvie nogulumi. Reljefs atradnes apkaimē ir viļņoti līdzens, tikai vietām sastopami nelieli kāpu pauguri. Reljefa absolūtās atzīmes te svārtās starp 26-38m (Bernāns, 1999).



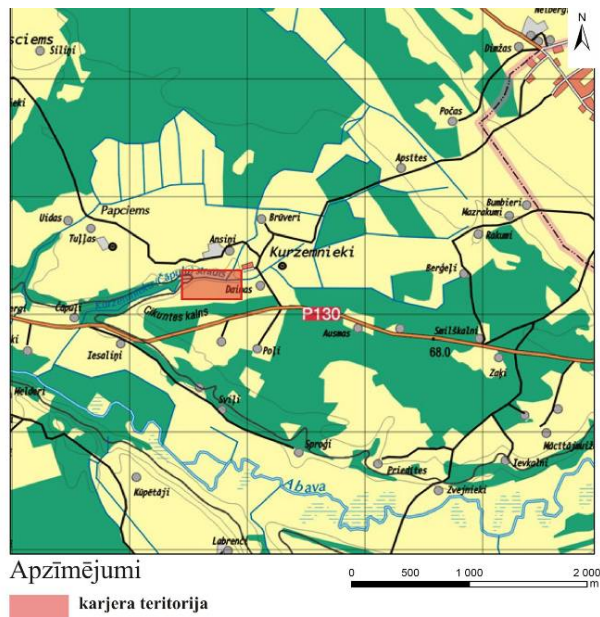
Apzīmējumi



 karjera teritorija

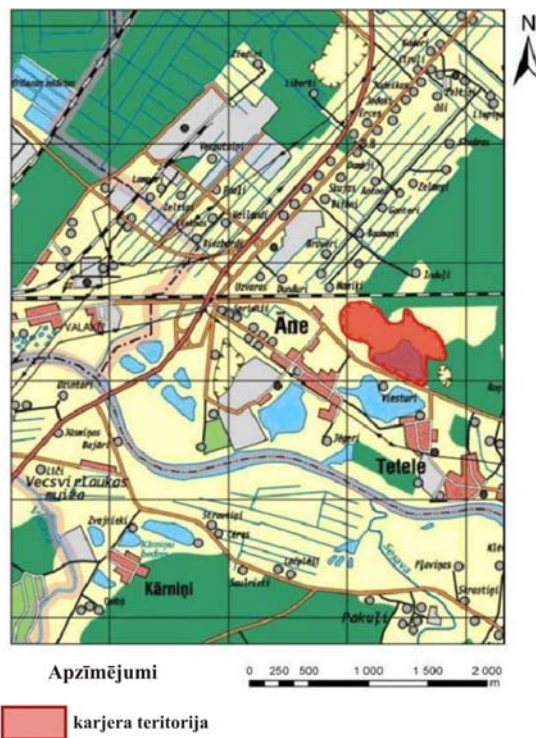
3.1. attēls. Smilts – grants karjera „Ezeri” ģeogrāfiskais novietojums (sastādīja autore, kartes pamatne no TOPO 50K Satelītkarte, 2000).

„Mazo kangaru” VI laukuma smilts – grants atradne atrodas VMD Rīgas virsmežniecības Allažu mežniecības 302.kvartāla 1;5 un 6 nogabalā t.i. Rīgas rajona Allažu



3.3. attēls. Smilts – grants karjera „Kurzemnieki” ģeogrāfiskais novietojums (sastādīja autore, kartes pamatne no TOPO 50K Satelītkarte, 2000).

Māla karjers „Progress” atrodas Viduslatvijas zemiens rietumu daļā un Lielupes upes baseina teritorijas dienvidu daļā – Zemgales līdzenumā. Administratīvi atradne atrodas Jelgavas rajona Ozolnieku novada Cenu pagasta Ānē. Mālu atradne atrodas 60 kilometru attālumā uz Austrumiem no Jelgavas pilsētas, un uz Ziemeļaustrumiem no autoceļa Jelgava – Bauska, 5 un 7 km attālumā uz Dienvidiem no dzelzsceļa stacijām Jelgava 2 un Jelgava 1. (skatīt 3.4. attēlu)



3.4. attēls. Māla karjera „Progress” ģeogrāfiskais novietojums (TOPO 50K Satelītkarte, 2000)

3.2. Izpētes vietu ģeoloģiskais raksturojums

Smilts – grants karjers „Ezeri”

Karjera teritorijas ģeoloģisko uzbūvi raksturo tajā veiktie a/s „Ceļuprojekts” izpētes darbi. Pēc tiem karjera teritorijā zem kvartāra nogulumiem atsedzas augšējā devona Daugavas svītas (D_3 dg) nogulumi, kas šeit sastāv no plaisaina, daļēji sadēdējuša dolomīta ar dolomīta miltu starpkārtām. Tiem savukārt uzguļ kvartāra fluvioglaciālie nogulumi ($f Q_3$ ltv), kuru apakšējo daļu veido rupja grants ar laukakmeņiem. Šo nogulumu sastāvs ir ļoti mainīgs, jo daļu no grants nogulumiem sastāda daļiņas, kas lielākas par 5 mm, un kuru saturs svārstās no 16 līdz 70 %. Tāpat grantij ir ievērojams akmeņu piejaukums, kuru saturs svārstās no 0,0 līdz 20,0 %. Savukārt vietām grants ir mālaina, un mālu, putekļu daļiņu piejaukums mainās plašā intervālā no 0,8 līdz 18,0 %. Nogulumu augšējo daļu veido dažāda rupjuma smilts ar lielāku vai mazāku grants (graudu izmēri >5 mm) graudu piejaukumu, un pēc laboratorijas analīzēm nogulumos mālu un putekļu (graudu izmēri <5 mm) daļiņu piejaukums ir no 4,2 līdz pat 18,3%. Smilts pārsvarā ir vidēji vai vāji šķirota. Šiem iežiem karjera teritorijā uzguļ limnoglaciālie ($lg Q_3$ ltv) nogulumi, kas klāj plašu teritoriju visā kādreizējā Zemgales sprostbaseina teritorijā. Pacēlums, uz kura atrodas atradne, acīmredzot, ir bijusi sala, jo šo nogulumu izplatība ir tikai vietām, un tie sastāv no putekļainas smilts (Bernāns, 1999).

Karjera teritorijā gruntsūdens līmenis atrodas 0,1 līdz 2,5 m, bet ārpus karjera savukārt 5,0 līdz 5,5 m dziļumā. Tam novērojams kritums ziemeļaustrumu virzienā (Bernāns, 1999).

Smilts – grants karjers „Mazie Kangari” VI laukums

Karjera teritorijas ģeoloģiskā uzbūve tiek raksturota pēc a/s „Ceļuprojekts” veiktajiem izpētes darbiem, no kuriem izriet, ka atradnes apakšā atrodas glacigēnie ($g Q_3$ ltv) nogulumi, kuru veido morēnas mālsmilts ar lokālu smilts lēcu ieslēgumiem. Šos iežus pārsedz glaciofluviālo ($f Q_3$ ltv) nogulumu slāņkopa. To sastāvs izpētes teritorijā ir visai dažāds: grants – smilts, smilts – grants, granšaina smilts un dažāda rupjuma smilts, kuru slāņi savā starpā mijas, kā arī izķīlējās. Smilšaino nogulumu, kas atbilst ļoti smalkai un smalkai smilts grupai, slāņu biezums mainās 0,7 līdz 11,1 m robežās, taču sastopama arī vidēji rupja un rupja smilts. Šiem nogulumiem mālu un putekļu ($< 0,05$ mm) daļiņu piejaukums ir no 3,6% līdz 29,5 %. Šiem iežiem karjera teritorijā uzguļ limnoglaciālie nogulumi ($lg Q_3$ ltv), tie pēc sava sastāva un litoģenētiskajām īpatnībām iedalāmi trijos tipos: mālsmilts, smilšmāls un putekļaina smilts. Putekļainas smilts nogulumi nelielu lēcu vai slānīšu veidā mijas un izķīlējās starp dažāda rupjuma smilts – grants slāņiem, vai veido visai ievērojamu biezumu līdz 12 m, un šie nogulumi iegūļ tieši zem augsnes trūdvielu horizonta. Pēc laboratorijas datiem smilts granulometriskais sastāvs ir visai viendabīgs un praktiski nepārsniedz 0,125 mm, izņemot atsevišķus intervālus, kur līdz 1 % ir rupjāku daļiņu piejaukums, kas

izskairojams ar glaciolimniskajos nogulumos ieslēgtajām rupjākas smilts lēcām. Šajos nogulumos mālu un putekļu daļiņu ($< 0,05$ mm) piejaukums ir robežās no 31,0 līdz 59,6 %, vidēji – 46,7 %. Nogulumus pārsedz augsnes trūdvielu horizonts (e Q₄), kuru biezums svārstās no 0,1 līdz 0,4 m (Ābolts, 2004).

Karjera teritorijā hidroloģiskie apstākļi ir samērā vienveidīgi visā teritorijā. Gruntsūdens līmenis atrodas 0,0 līdz 1,4 m dziļumā, skaitot no patreizējā karjera izstrādes līmeņa, kas atbilst 25,5 līdz 26,0 m pieņemtā augstuma atzīmēm. Ūdens horizonta biezums atradnē ir no 1,5 līdz 7,4 m, un ūdens nesošo slāni veido fluvioglaciālie, vietām arī limnoglaciālie nogulumu. Savukārt ūdens necaurlaidīgo slāni veido glaciālie nogulumu (Ābolts, 2004).

Smilts – grants karjers „**Kurzemnieki**”

Karjera teritorijā ģeoloģisko uzbūvi veido pirmskvartāra un kvartāra ieži. Zem kvartāra nogulumu segas atrodas augšdevona Ogres svītas (D₃ or) ieži, kas atradnes teritorijā pārstāvēti ar mālu un smilšakmeni. Māls ir sarkanīgi brūns, ciets, savukārt smilšakmens pelēks, ciets vietām ar māla starpkārtām. Šos iežus pārsedz glaciģenie nogulumu (g Q₃ ltv), kurus veido morēnas mālsmilts. To vidējais biezums ir 1,4 m. Virs šiem nogulumiem atrodas fluvioglaciālie ieži, kas sastāv no dažāda rupjuma smilts, pārsvarā ir vidēji rupja smilts, mazāk smalka un ļoti smalka. Sastopama arī mālaina smilts, un smilts slāņa biezums mainās no 0,4 līdz 4,7 m. Šiem iežiem uzguļ fluvioglaciālie nogulumu, ko veido oļi, grants un granšaina smilts. To biezums mainās no 0,5 m līdz 6,9 m. Nogulumus pārsedz augsnes trūdvielu horizonts, kuru vidējais biezums ir 0,3 m (Klimoviča, 1982).

Māla karjers „**Progress**”

Karjera teritorijā zem kvartāra nogulumiem atrodas augšdevona amatas – pļaviņu svītas (D₃ am – pl) ieži, konkrēti merģeļi un dolomīti. Merģeļi sastāv no diezgan vājām plaksnītēm, un tos šķērso zilās krāsas māla starpslāņi. Slānis apakšējā daļā pariet merģelainā dolomītā, kas ir daudz stiprāks.

Augšdevona nogulumus pārklāj Latvijas apledojuuma glaciģenie nogulumu. Morēnu veido nešķirots materiāls, kas sastāv no smilšmāla un mālsmilts ar lielāku vai mazāku oļu, grants un laukakakmeņu piejaukumu, un tās krāsa ir brūna, reizēm pelēka un zilganpelēka.

Uz morēnas uzguļ slokšņu māli, tie aizpilda visas nelīdzenās vietas uz apakšējā slāņa virsmas. Slokšņu māli kopējā griezumā pārstāv brūnus, gandrīz šokolādes krāsas, blīvus, treknus, plastiskus mālus ar izteiktu slokšņu tekstūru. Ziemas sezonas slāņi pārstāv brūnus un tumši brūnus, ļoti treknus un ļoti plastiskus mālus, kuriem reizēm var novērot visai sīku horizontālu slāņojumu. To biezums svārstās no dažiem centimetriem līdz pat 0,45 m. Savukārt vasaras sezonas slāņus pārstāv putekļaini māli, vairāk gaišā krāsā. To biezums svārstās no 0,02 līdz 0,29 m.

Tā rezultātā, visam māla slānim piemīt mikroslāņu tekstūra. Nogulumos sastopami atsevišķi kaļķakmens graudi, kuru diametrs ir sākot no 10 mm, bet slāņa apkšējā daļā, uz robežas ar morēnu, sastopami atsevišķi grants un oļu ieslēgumi, ko veido dolomīts un kristāliskajiem ieži, un to diametrs ir no 6 cm.

Virš slokšņu māliem atrodas smilšmāls, kas sastopams lēcu veidā, un šo nogulumu krāsa ir tāda pari kā māliem – brūna, tumši brūna. No māliem smilšmāla robežas izdalāmas ar neskaidru slāņojumu, īpaši slāņa augšējā daļā, ar matētu vispusi griezumā un mazāku blīvumu. Pāreja no māliem uz smilšmālu ir pakāpeniska. Dažviet pat novērojama slokšņu mālu smilšmāla slāņmija ar sīkiem smilšu starpslāņiem. Smilšmālu lēcu biezums svārtās no 0,10 m līdz 1,35 m, karjera teritorijā.

Slokšņu mālus un smilšmālu pārsedz smilšu slānis, kas veidojies Baltijas Ledus ezera periodā. Smilts ir smalkgraudaina, vietām sīkgraudaina, bieži arī mālaina. Nogulumu krāsa ir gaiši dzeltana vai dzeltena slāņa augšējā daļā. Pamanāms horizontāls slāņojums, ar smalku māla, smilšmāla un smilts slāņmiju (Васильева, 1959).

3.3. Lauka eksperimenti

Smilts – grants karjers „**Mazie Kanagari**” VI laukums.

Lauka darbi tika veikti 27.06.2009; 06.07.2009 un 28.07.2009. Šo darbu ietvaros tika veikti mērījumi trīs parauglaukumos, skatīt 3.5. attēlu. 27. jūnijā lauka darbos tika izmēģināta izvēlētā metodika 40x40 cm lielā parauglaukumā nr. 1, tā koordinātes $x = 547506,65283$; $y = 6321906,18896$, kas tika sadalīts četros mazākos laukumos, kuru izmēri bija 20x20 cm, 3.6. attēlā var redzēt atsegumu karjera dienvidaustrumu sienā, ar paraugoto slāni, kas sastāv no rupjgraudainas smilts. Lai noteiktu slāņa dabisko mitrumu, tika izdarīti deviņi mērījumi katrā mazajā laukumā, kopumā iegūstot 36 mērījumus. Pēc tam pirms plkst 13:00 tika veikta parauglaukuma papildus mitrināšana ar 1/ ūdens. Plkst.13:00 tika uzsākti mērījumi, lai noteiktu mitruma daudzumu pēc laistīšanas, katrā mazajā laukumā veicot pa vienam mērījumam. Laika intervāls starp mērījumiem līdz plkst. 13:15 bija 3 minūtes, bet pēc tam laika intervāls līdz mērījuma beigām, plkst. 14:30, tika palielināts līdz 5 minūtēm. Iegūtie datus skatīt 2. un 3.pielikumā.

Pēc šā mērījuma tika izdarīti uzlabojumi, lauka darbu metodikai. Konkrēti tika samazināts mērījumu skaits slāņa dabiskā mitruma noteikšanai, jo pēc sensora adatu ieduršanas paliek „caurumi” kā rezultātā papildus pievadītais ūdens pa tiem ātrāk infiltrējās dziļāk slānī. Tāpat pēc datu apkopošanas tika nolemts, ka atkārtoti mērījumi tiks veikti ik pēc 15 minūtēm.

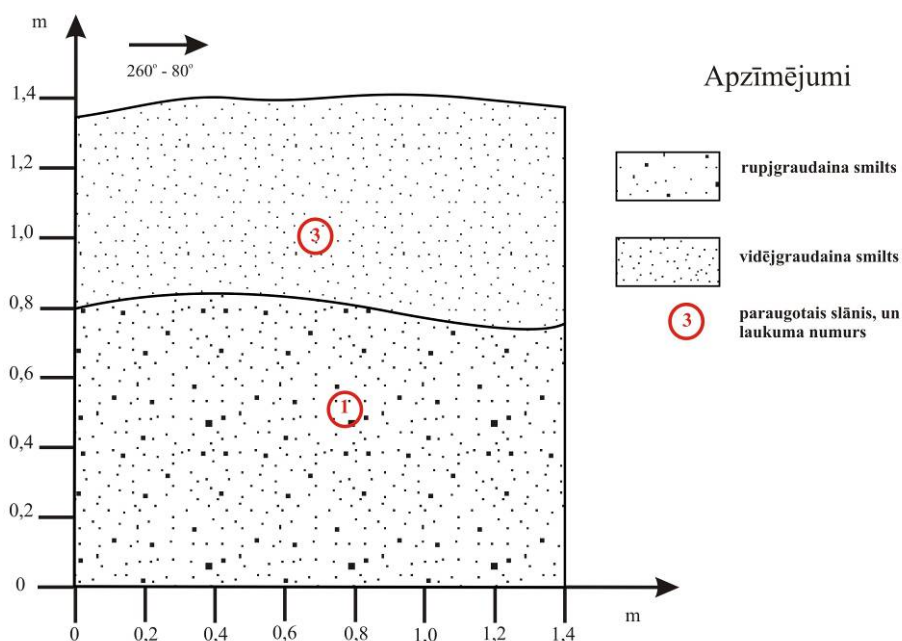


Apzīmējumi

● Parauglaukums

0 15 30 60 m

3.5. attēls. Smilts – grants karjera „Mazie Kangari” VI laukuma paraugošanas vietu novietojums (sastādīja autore, kartes pamatne no ORTOFOTO 3, 2009)



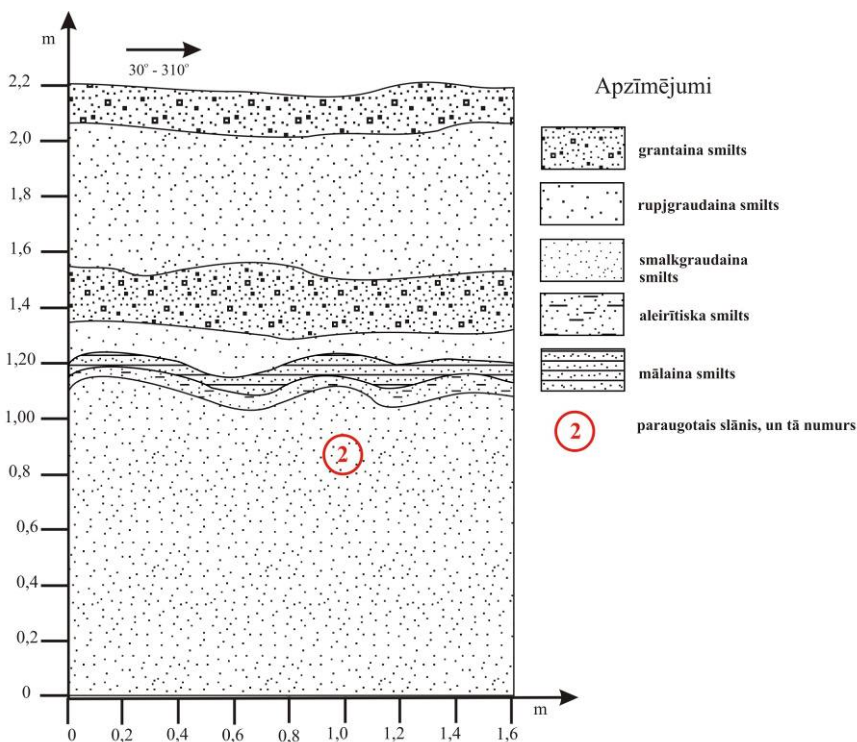
3.6. attēls. Smilts – grants karjera „Mazie Kangari” VI laukuma dienvidaustruma sienas daļas atsegums (autores zīmējums)

Meteoroloģiskie apstākļi šajā dienā tika novērtēti izmantojot Rīgas meteoroloģiskās stacijas datus, kas no paraugošanas vietas atrodas aptuveni 45 km tālu. Iegūtie dati tika apkopoti 3.1. tabulā, pēc kuriem var secināt, ka bijusi samērā silta diena ar nelielu vēju. Gaisa temperatūra nav būtiski mainījusies, dienas vidū un pēcpusdienā palielinoties tikai aptuveni par 1 °C. Toties ir bijis augsts gaisa relatīvais mitrums, vidēji ap 80 %.

Dati no Rīgas meteoroloģiskās stacijas, 27.06.2009 (sastādījusi autore, izmantojot Meteoroloģiskā informācija, 2009)

	9:00	12:00	15:00	18:00
Gaisa temperatūra, faktiskā, °C	17,4	18,7	18,5	17,7
Maksimālā gaisa temperatūra, °C	17,4	18,7	19	18,5
Minimālā gaisa temperatūra, °C	15,5	17,4	18,3	17,5
Vēja ātrums, m/s	2	2	3	1
Relatīvais mitrums, %	85	79	82	86

2009. gada 6. jūlijā lauka darbu ietvaros tika paraugots smalkas smilts slānis, laukuma taisnleņķa koordinātes $x = 547502,74658$; $y = 6321930,11475$, 3.7. attēlā var redzēt atsegumu ar paraugoto slāni. Mērījumi tika veikti pēc 2. nodaļā „Materiāli un metodes” 2.2 apakšnodaļā „Lauka darbi” aprakstītā principa. Slāņa papildus mitrināšana tika veikta plkst. 13:14, bet pirmais mērījums pēc laistīšanas tika izdarīts plkst. 13:16, un mērījums ilga līdz plkst. 15:26.



3.7. attēls. Smilts – grants karjera „Mazie Kangari” VI laukuma ziemeļaustrumu sienas daļas atsegums (autores zīmējums)

Laika apstākļi tika novērtēti izmantojot Rīgas meteoroloģiskās stacijas novērojumu datus, skatīt 3.2.tabulu, pēc kuriem var secināt, ka arī šo lauka darbu laikā ir bijusi samērā silta diena ar nelielu vēju. Faktiskā gaisa temperatūra nav krasi mainījusies mērījumu laikā, kā arī ir bijis vienmērīgs vēja ātrums – 2 m/s. Tāpat laika gaitā būtiski mainījies gaisa relatīvais mitrums.

Dati no Rīgas meteoroloģiskās stacijas 2009. gada 6. jūlijam (sastādījusi autore, izmantojot Meteoroloģiskā informācija, 2009)

	9:00	12:00	15:00	18:00
Gaisa temperatūra, faktiskā, °C	14,8	16,6	17,3	16,3
Maksimālā gaisa temperatūra, °C	16,1	16,6	18	17,6
Minimālā gaisa temperatūra, °C	13,9	14,9	16,2	16,3
Vēja ātrums, m/s	1	2	2	2
Relatīvais mitrums, %	53	52	48	55

Savukārt 28. jūlijā lauka darbu ietvaros tika paraugots vidējgraudainas smilts slānis, tas ir 3. laukums (3.6. attēls), kura taisnleņķa koordinātes LKS-92 koordinātu sistēmā ir 547509,58252; $y = 6321910,09521$. Arī šo lauka darbu ietvaros slānī tika veikti mitruma daudzuma mērījumi, kā tas aprakstīts nodaļas „Materiāli un metodes” 2.2. apakšnodaļā „Lauka darbi”. Slāņa dabiskā mitruma mērījumi tika veikti laika intervālā no plkst. 13:50 līdz plkst. 14:10, iegūtos mērījumus skatīt 2. pielikumā. Parauglaukuma papildus mitrināšana ar 10 l ūdens tika izdarīta plkst. 14:13, bet pirmie mērījumi pēc laistīšanas tika izdarīti plkst. 14:15, un mērījums ilga līdz plkst. 16:15 (skatīt 3. pielikumu)

Meteoroloģiskie apstākļi tika novērtēti izmantojot Rīgas meteoroloģiskās stacijas datus, skatīt 4.3. tabulu. Pēc datu izanalizēšanas, var redzēt, ka šī diena ir bijusi silta ar nelielu vēju dienas sākumā (3 m/s), kas pēcpusdienā pierimis (1 m/s). Tieši mērījumu laikā, apkārtējā gaisa temperatūra ir bijusi visaugstāka.

Dati no Rīgas meteoroloģiskās stacijas 2009. gada 27 jūlijam (izgatavojusi autore, izmantojot Meteoroloģiskā informācija, 2009)

	9:00	12:00	15:00	18:00
Gaisa temperatūra, faktiskā, °C	21,3	23,2	23,3	20,1
Maksimālā gaisa temperatūra, °C	21,3	23,9	24,8	23,3
Minimālā gaisa temperatūra, °C	16,1	21,2	23	20,1
Vēja ātrums, m/s	3	3	1	2
Relatīvais mitrums, %	70	63	71	72

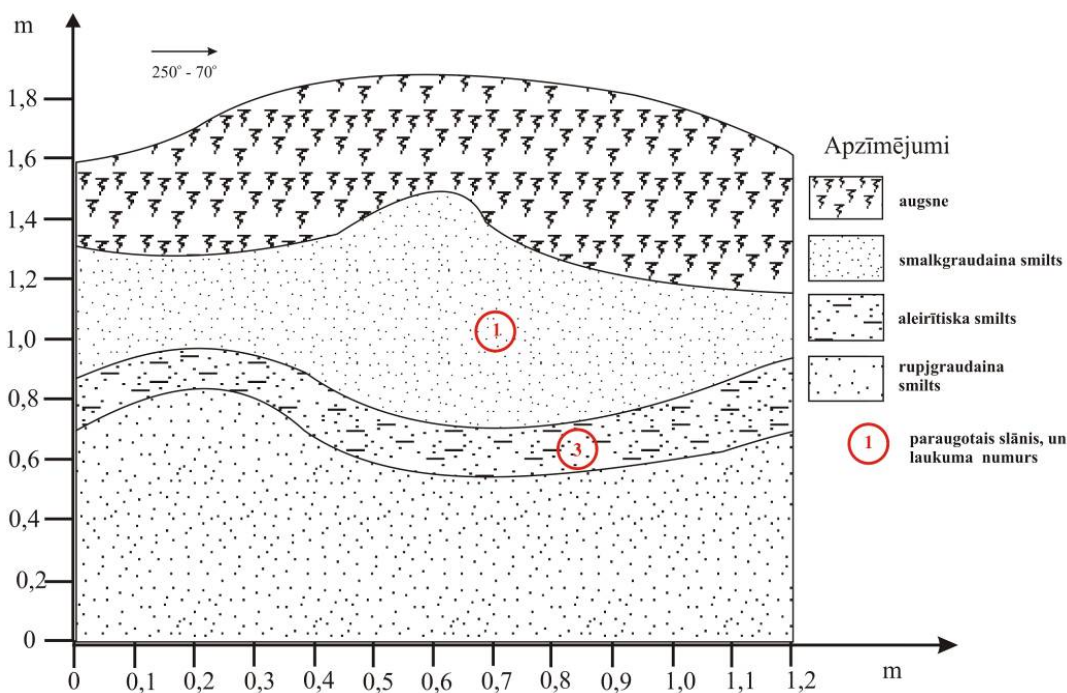
Smilts – grants karjers „Ezeri”

Lauka darbi šajā karjerā tika veikti 13.07.2009. Mērījumi tika veikti trīs parauglaukumos. Pirmais un trešais parauglaukums atradās karjera R – A sienā, bet otrais ZR-DA sienā, skatīt 3.8. attēlu. 1. un 3. parauglaukuma taisnleņķa koordinātes LKS-92 koordinātu sistēmā ir $x = 527078,4308$; $y = 6294088,56201$, bet otrā parauglaukuma $x = 527102,84424$; $y = 6294095,88623$.



3.8. attēls. Smilts – grants karjera „Ezeri” parauglaukumu novietojums (sastādīja autore, kartes pamatne no ORTOFOTO 3, 2009)

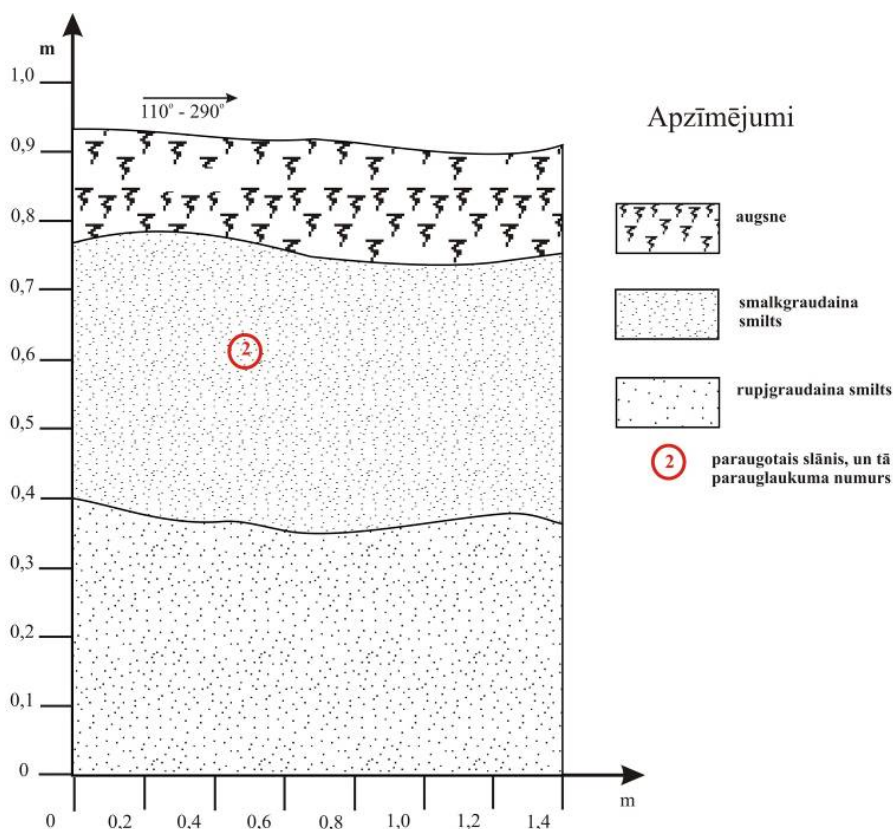
Pēc sienas attīrīšanas un dokumentēšanas tika izvēlēts slānis, kurā veikt mitruma daudzuma mērījumus. 3.9. attēlā var redzēt atsegumu (skatīt 1. pielikumu), kur atsedzot rupjas smilts slānis, tika izveidots 1. parauglaukums, savukārt 3. parauglaukums tika izveidots aleirītiskas smilts slānī.



3.9. attēls. Smilts – grants karjera „Ezeri” ziemeļu sienas daļas atsegums (autore zīmējums)

Mērījumi visos trīs parauglaukumos tika veikti pēc 2. nodaļas „Materiāli un metodes” 2.2. apakšnodaļas „Lauka darbi” aprakstītā principa. Pirmā parauglaukuma mitruma daudzuma mērījumi pirms laistīšanas tika uzsākti plkst. 12:32 (skatīt 2. pielikumu), tad plkst. 12:38 tika veikta slāņa papildus samitrināšana ar 10 litriem ūdens, un laika periodā no plkst. 12:40 līdz 14:40 tika veikti mitruma daudzuma mērījumi pēc laistīšanas (skatīt 3. pielikumu).

Otrais parauglaukums atradās karjera austrumu sienā, un tika paraugots smalkas smilts slānis, skatīt 3.10. attēlu. Otrā parauglaukuma mitruma daudzuma mērījumi pirms laistīšanas tika uzsākti plkst. 14:56 (skatīt 2. pielikumu), tad plkst. 15:16 tika veikta vienmērīga slāņa papildus mitrināšana ar 10 l ūdens, un no plkst. 15:20 līdz 17:20 tika veikti mitruma daudzuma mērījumi pēc laistīšanas (skatīt 3. pielikumu).



3.10. attēls. Smilts – grants karjera „Ezeri” ziemļaustrumu sienas daļas atsegums (autores zīmējums)

Trešā parauglaukuma mitruma mērījumi pirms mitrināšanas tika uzsākti plkst. 18:00. Laukuma papildus mitrināšana tika uzsākta plkst. 18:11 (skatīt 2. pielikumu), bet laika periodā no plkst. 18:15 līdz 20:15 notika mitruma daudzuma mērījumi pēc slāņa laistīšanas (skatīt 3. pielikumu)

Meteoroloģiskie apstākļi šajā vietā tika novērtēti, izmantojot Rīgas meteoroloģiskās stacijas datus, kas atrodas aptuveni 40 km attālumā. Apkojot pieejamos datus, tika iegūta

informācija par gaisa temperatūru un vēja stiprumu, skatīt 3.4. tabulu., pēc kuriem var secināt, ka diena ir bijusi silta ar nelielu vēju (2 – 3 m/s).

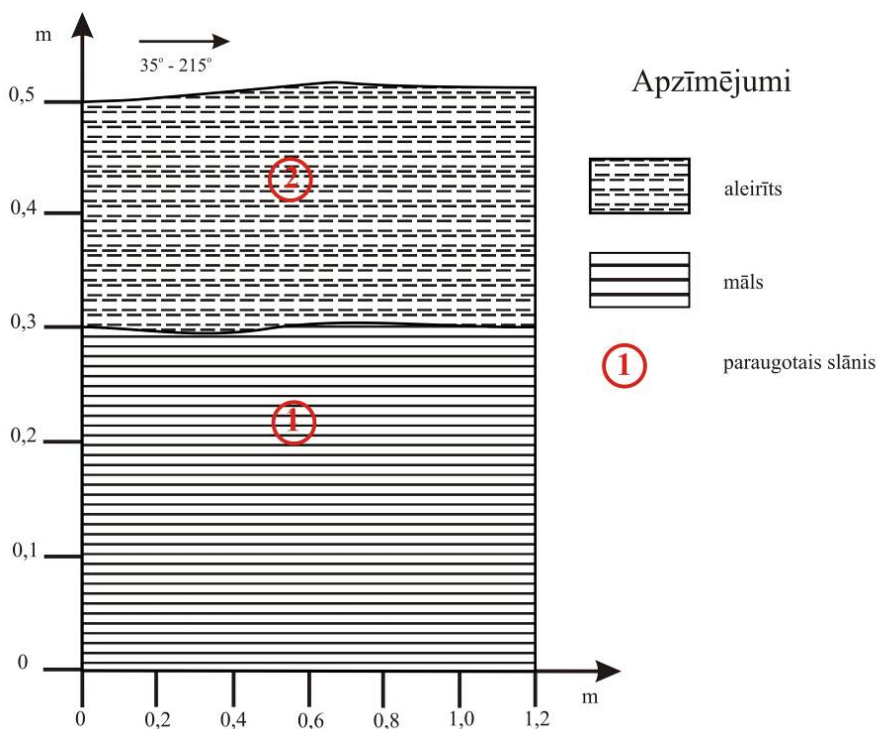
3.4. tabula

Dati no Rīgas meteoroloģiskās stacijas 2009. gada 13. jūlijam (izgatavojusi autore, izmantojot Meteoroloģiskā informācija, 2009)

	9:00	12:00	15:00	18:00	21:00
Gaisa temperatūra, faktiskā, °C	18,4	19,5	19,7	18,4	16,1
Maksimālā gaisa temperatūra, °C	18,4	19,8	20,5	19,7	18,4
Minimālā gaisa temperatūra, °C	16,1	18,5	19,3	18,4	16,1
Vēja ātrums, m/s	2	3	3	2	1
Relatīvais mitrums, %	76	63	60	65	82

Māla karjers „Progress”

Lauka darbi šajā karjerā tika veikti 06.08.2009, kuru laikā veikti mērījumi divos slāņos, skatīt 3.11.attēlu, bet to novietojums redzams 3.12. attēlā. Attīrītā atseguma taisnleņķa koordinātes LKS-92 koordinātes sistēmā ir $x = 490158,06$; $y = 6278495,474$.



3.11. attēls. Māla karjera „Progress” ziemeļrietumu sienas daļas atsegums (autore zīmējums)



3.12. attēls. Māla karjera „Progress” 1. un 2. parauglaukuma novietojums (sastādīja autore, kartes pamatne no ORTOFOTO 3, 2009)

Tā kā mērījumi tika veikti aleirītiskos slāņos, atšķīrās arī mērījumu metodika. Aleirītiskajā smalkgraudainajā slānī mērījumi tika veikti gan slāņa vertikālajā, gan horizontālajā virsmā Savukārt mālainajā aleirīta slānī mitruma daudzums tika noteikts tikai tā vertikālajā virsmā. Abos slāņos mitruma daudzums tika noteikts ar vienas stundas intervālu, izņēmums ir starp pirmo un otro mērījumu, kad intervāls bija pusstunda. Pēc šiem mērījumiem tika secināts, ka mitruma daudzuma izmaiņas ir niecīgas un tika izvēlēts vienas stundas intervāls starp mērījumiem. Mērījumi tika uzsākti plkst. 12:40, bet pēdējais mērījums tika veikts plkst.16:10 (skatīt 4. pielikumu). Šajos slāņos netika veikta papildu mitrināšana, jo abiem slāņiem ir sliktas filtrācijas īpašības, līdz ar to ūdens visdrīzāk noplūdis pa slāņa virsmu, vai sastāsies virsmas ieliecēs.

Meteoroloģiskie apstākļi šajā dienā tika novērtēti izmantojot vistuvāk esošo meteoroloģisko staciju, konkrēti Jelgavas, datus Pēc novērojumu datiem, var redzēt, ka diena ir bijusi karsta ar nelielu vēju. Lauka darbu laikā ir ļoti mainījies relatīvais mitrums, konkrēti no plkst. 15:00 līdz 18:00, tas palielinājies par 30 %, skatīt 3.5.tabulu.

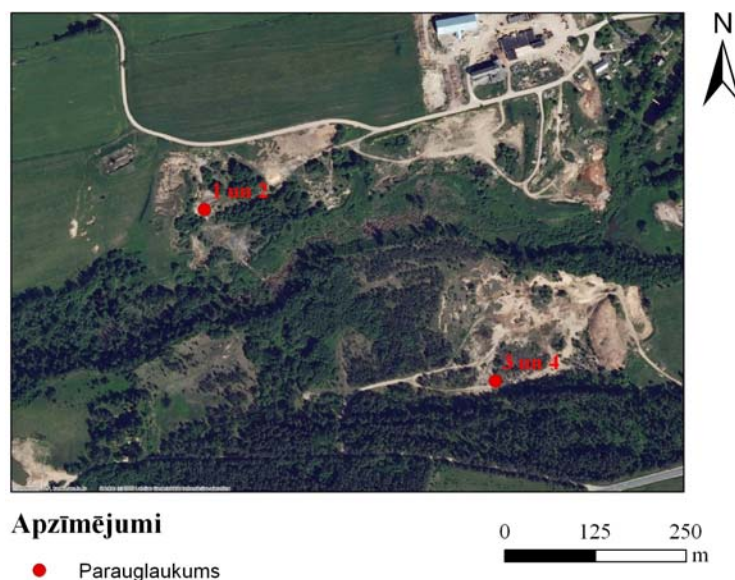
3.5. tabula

Dati no Jelgavas meteoroloģiskās stacijas 2009. gada 6. augustam (izgatavojusi autore, izmantojot Meteoroloģiskā informācija, 2009)

	9:00	12:00	15:00	18:00
Gaisa temperatūra, faktiskā, °C	21,2	24,5	23,6	17,7
Maksimālā gaisa temperatūra, °C	22,6	25	25,1	23,6
Minimālā gaisa temperatūra, °C	19,1	21,3	23,6	17,7
Vēja ātrums, m/s	2	2	2	1
Relatīvais mitrums, %	63	53	51	82

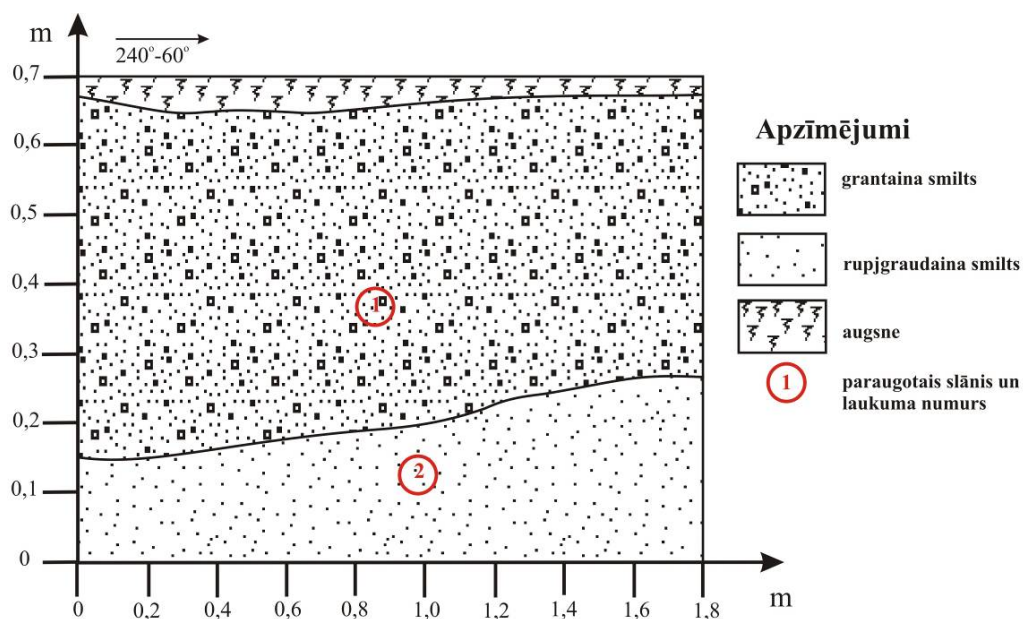
Smilts – grants karjers „Kurzemnieki”

Lauka darbi šajā karjerā tika veikti 09.08.2009; 11.08.2009 un 24.08.2009. Šajā karjerā tika veikti mērījumi divās karjera vietās, skatīt 3.13. attēlu. Lauka darba ievaros šajā karjerā tika noteiktas mitruma daudzuma izmaiņas divos parauglaukumos bez papildus mitrināšanas, kā arī trīs laukumos ar papildus mitrināšanu. Karjera otrajā laukumā, tika veikti abi mērījumi gan dabiskā mitruma izmaiņas laikā, gan pēc papildu samitrināšanas.



3.13. attēls. Smilts – grants karjera „Kurzemnieki” parauglaukumu novietojums (ORTOFOTO 3, 2009)

2009. gada 9. augustā karjerā tika veikti mērījumi divos parauglaukumos, kuros tika noteikts mitruma daudzuma izmaiņas laikā bez papildus mitrināšanas. Mērījumu metodika bija tāda pati kā 2. nodaļā „Materiāli un metodes” aprakstītā, atšķirība bija tikai tajā, ka katrā mērījumu reizē tika izdarīts viens mērījums mazajā laukumā un intervāls starp mērījumu reizēm bija pusstunda. Mērījumi pirmajā parauglaukumā tika uzsākti plkst. 6:15, bet pēdējais mērījums tika veikts plkst. 15:15. Savukārt otrajā parauglaukumā mērījumi tika uzsākti plkst. 6:50, bet pēdējie mērījumi veikti plkst.15:20. Iegūtos mērījumus skatīt 4. pielikumā. Atsegumu ar paraugotajiem slāņiem var redzēt 3.14. attēlā, kura taisnleņķa koordinātes LKS – 92 ir $x = 421265,186$; $y = 6321334,796$. Tā aprakstu skatīt 1. pielikumā



3.14. attēls. Smilts – grants karjera „Kurzemnieki” dienvidu sienas atsegums (autore zīmējums)

Gaisa temperatūra, relatīvais mitrums un vēja ātrums šajā dienā tika novērtēti, izmantojot tuvākās meteoroloģiskās stacijas, Stendes, datus, skatīt 3.6. tabulu, kas atrodas aptuveni 25 km attālumā. Pēc iegūtajiem datiem var secināt, ka lauka darbu laikā ir bijušas augstas gaisa temperatūras, kā arī bijis vējš ar nelielu ātrumu (1 m/s), un ļoti mainījies gaisa relatīvais mitrums, kas mērījumu laikā bijis augsts (85 %), bet pēc tam strauji samazinājies.

3.6. tabula

Dati no Stendes meteoroloģiskās stacijas 2009. gada 9. augustam no plkst. 3:00 līdz 18:00

(Meteoroloģiskā informācija, 2009).

	3:00	6:00	9:00	12:00	15:00	18:00
Gaisa temperatūra, faktiskā, °C	8,6	18,8	22,1	22,5	21,2	18,3
Maksimālā gaisa temperatūra, °C	11,3	18,8	22,2	23,2	23,8	21,7
Minimālā gaisa temperatūra, °C	8,5	8,6	18,7	21,5	21,2	18,3
Vēja ātrums, m/s	1	1	1	2	1	2
Relatīvais mitrums, %	99	85	46	44	55	69

2009. gada 11. augustā karjerā tika veikti mitruma daudzuma mērījumi, jau 09.08.2009 paraugotajā 2. laukumā. Šoreiz slānis tika papildus mitrināts un veikti mitruma daudzuma mērījumi kā aprakstīts nodaļā „Materiāli un metodes”. Mitruma daudzums pirms laistīšanas tika noteikts plkst. 9:47, slāņa papildus mitrināšana tika uzsākta plkst. 9:51, bet pirmie mērījumi pēc laistīšanas tika uzsākti plkst. 9:54. Iegūtos mērījumus skatīt 2. un 3. pielikumā.

Meteoroloģiskie apstākļi, kokrēti gaisa temperatūra, relatīvais mitrums un vēja stiprums, tika novērtēti izmantojot tuvākās meteoroloģiskās stacijas datus, skatīt 3.7. tabulu. Pēc iegūtajiem datiem var redzēt, ka diena ir bijusi karsta, lauka darbu laikā ir bijis vējš ar ātrumu

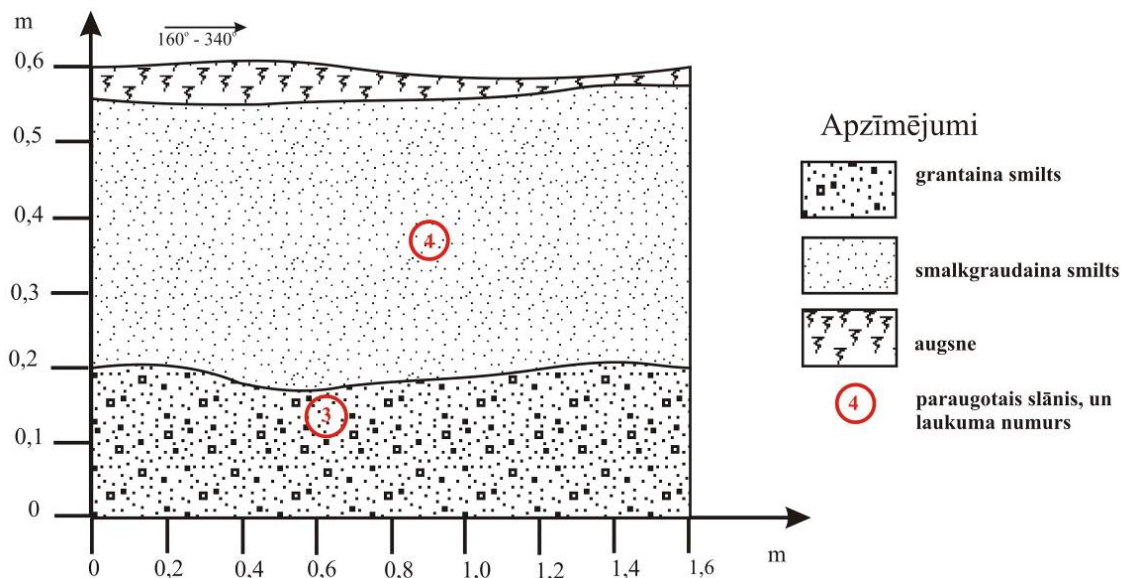
5 -6 m/s, kas pēcpusdienā pierimis. Dienas sākumā ir bijusi zems relatīvā gaisa mitrums, kas pēcpusdienā palielinājies.

3.7. tabula

Dati no Stendes meteoroloģiskās stacijas, 2009. gada 11.augustam (Meteoroloģiskā informācija, 2009)

	9:00	12:00	15:00	18:00
Gaisa temperatūra, faktiskā, °C	23	23,7	21,6	16,4
Maksimālā gaisa temperatūra, °C	23,2	24,4	24	21,6
Minimālā gaisa temperatūra, °C	18,2	22,7	21,6	16,4
Vēja ātrums, m/s	5	6	2	3
Relatīvais mitrums, %	46	42	57	86

2009. gada 24. augustā karjerā tika veikti lauka darbi citā karjera daļā, skatīt 3.13. attēlu. Šo darbu ietvaros tika veikti mērījumi divos slāņos pēc 2. nodaļā „Materiāli un metodes” aprakstītās metodikas. Mitruma daudzums pirms laistīšanas jeb dabiskais mitrums trešajā laukumā tika noteikts plkst. 9:05, bet ceturtajam plkst. 9:10. Mērījumi pēc laistīšanas trešajā laukumā tika uzskākti plkst. 9:20 un ilga līdz plkst.11:50, savukārt ceturtajā parauglaukumā mērījumi tika uzsākti plkst. 9:15 un ilga līdz plkst 12:45. Iegūtos mērījumus skatīt 2. un 3. pielikumā. Paraugotos slāņus var redzēt 3.15. attēlā, kur trešais laukums tika izveidots rupjas smilts ar granti un oļiem slānī, savukārt ceturtais smalkas smilts slānī (skatīt 1. pielikumu). Atseguma taisnleņķa koordinātes LKS – 92 koordinātu sistēmā ir $x = 421666,724$; $y = 6321100,373$.



3.15. attēls. Smilts – grants karjera „Kurzemnieki” dienvidrietumu sienas daļas atsegums (autores zīmējums)

Meteoroloģiskie apstākļi šīm dienām tika novērtēti izmantojot tuvākās meteoroloģiskās stacijas novērojumu datus, konkrēti Stendes, skatīt 3.8. tabulu. Pēc iegūtajiem datiem var

secināt, ka lauka darbu laikā ir bijusi diezgan augsta apkārtējā gaisa temperatūra, kā arī neliels vēja stiprums. Relatīvais gaisa mitrums ir variējis laikā no 67 % plkst. 9:00 līdz 45 % plkst. 15:00.

3.8. tabula

Dati no Stendes meteoroloģiskās stacijas 2009. gada 24. augustam (Meteoroloģiskā informācija, 2009)

	9:00	12:00	15:00	18:00
Gaisa temperatūra, faktiskā, °C	18,7	19	19,5	12,6
Maksimālā gaisa temperatūra, °C	18,7	20,1	20,4	19,5
Minimālā gaisa temperatūra, °C	14,3	17,6	18,7	12,6
Vēja ātrums, m/s	2	3	3	0
Relatīvais mitrums, %	67	52	45	83

4. MITRUMS UN TĀ IZMAIŅAS SMILŠAINOS NOGULUMOS

Iegūtos rezultātus un to analīzi var apvienot vairākās grupās - nogulumu granulometriskais sastāvs, mitruma daudzums slāņos pirms laistīšanas; mitruma daudzums parauglaukumos, pēc mitrināšanas, un tā izmaiņas laikā; dabiskā mitruma daudzuma izmaiņas laikā bez papildu mitrināšanas. Katrā šajā grupā iegūtie rezultāti tiek izmantoti, lai labāk izanalizētu nākamo grupu rezultātus.

4.1. Nogulumu granulometriskais sastāvs un tips

Pēc laboratorijā noteiktā nogulumu granulometriskā sastāva, aprēķinu ceļā tika iegūts katras frakcijas procentuālais sastāvs. Iegūtie rezultāti apvienoti 4.1. tabulā. Iegūstot frakciju procentuālo saturu, tika izveidotas nogulumu granulometriskā sastāva kumulatīvās līknes, skatīt 4.1., 4.2., 4.3., 4.4. attēlu, no kurām tika noteikti daļiņu izmēri pie 60 % un 10 %, no kuru attiecības (d_{60}/d_{10}) tika iegūts slāņu neviendabīguma koeficients (4.2. tabula).

4.1. tabula

Frakciju procentuālais sadalījums

Vieta	Daļiņu izmēri, mm										
	0,002		0,06			2,0			60,0		
	Māls	Putekļi			Smilts			Grants			Oļi
		0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2,0	6,0	20,0	60,0	
	smalka	vidēji rupja	rupja	smalka	vidēji rupja	rupja	smalka	vidēji rupja	rupja		
"Kurzemnieki" 1. laukums			0,83	2,89	15,2	46,54	34,41				
"Kurzemnieki" 2. laukums			0,07	1,1	49,24	43,88	5,71				
"Kurzemnieki" 3. laukums			0,21	1,53	8,88	44,53	45,45				
"Kurzemnieki" 4. laukums			6,7	70,81	21,71	0,78					
"Ezeri" 1. laukums			2,83	21,87	74,88	0,42					
"Ezeri" 2. laukums			1,57	77,24	21,14	0,05					
"Ezeri" 3. laukums			11,6	50,41	37,91	0,07					
"Mazie Kangari" 1. laukums			0,15	3,02	68,79	27,02	1,02				
"Mazie Kangari" 2. laukums			4,14	74,32	21,46	0,09					
"Mazie Kangari" 3. laukums			0,21	5,01	59,11	30,26	5,41				
"Pogress" 1. laukums	31,9	18,8	21,87	25,5	1,9						
"Pogress" 2. laukums	17,4	8,6	15,06	14,7	44						

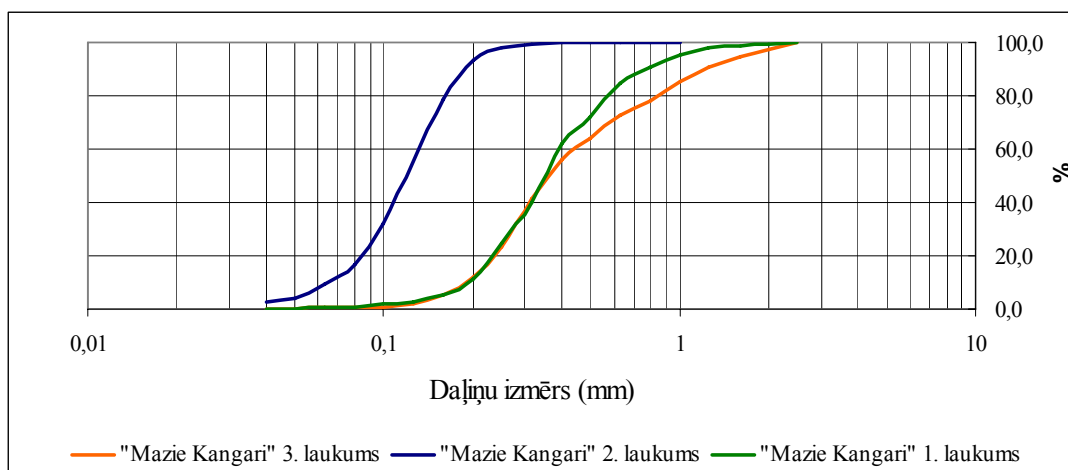
Pēc iegūtajiem koeficientiem tika noteikts, ka lielākā daļa paraugoto slāņu ir viendabīgi, jo koeficienta vērtība ir mazāka par 3, savukārt karjeru „Ezeru” 3. laukumā un „Kurzemnieku” 1. un 3. laukumā tā vērtības ir virs 3, kas norāda uz slāņa neviendabību. Pēc aprēķinātā frakciju procentuālā satura tika noteikts nogulumu tips (skatīt. 2. nodaļu „Materiāli un metodes”). Iegūtie nosaukumi paraugotajiem slāņiem redzami 4.2. tabulā.

4.2. tabula

Nogulumu neviendabīguma koeficients un tips

Vieta	d_{10}	d_{60}	Cu	Nogulumu tips
"Mazie Kangari" 1. laukums	0,16	0,4	2,5	rupjgraudaina smilts, viendabīga
"Mazie Kangari" 2. laukums	0,04	0,1	2,5	smalkgraudaina smilts, viendabīga
"Mazie Kangari" 3. laukums	0,16	0,35	2,18	vidējgraudaina smilts, viendabīga
"Ezeri" 1. laukums	0,1	0,23	2,3	vidējgraudaina smilts, viendabīga
"Ezeri" 2. laukums	0,063	0,125	1,98	smalkgraudaina smilts, viendabīga
"Ezeri" 3. laukums	0,04	0,16	4	putekļaina smilts, neviendabīga
„Kurzemnieki” 1. laukums	0,33	1,3	3,9	grantaina smilts, neviendabīga
"Kurzemnieki" 2. laukums	0,25	0,45	1,8	rupjgraudaina smilts, viendabīga
"Kurzemnieki" 3. laukums	0,5	2	4	grantaina smilts, ļoti neviendabīga
"Kurzemnieki" 4. laukums	0,055	0,13	2,36	smalkgraudaina smilts, viendabīga
„Progress” 1. slānis	-	-	-	mālainis aleirīts
„Progress” 2. slānis	-	-	-	aleirītiska smalkgraudaina smilts

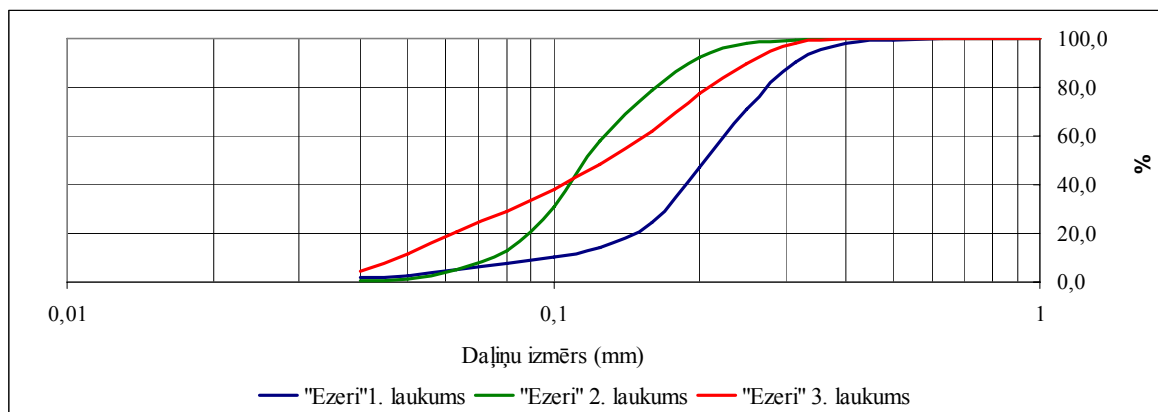
Pēc iegūtajiem datiem var redzēt, ka paraugoti ir dažāda sastāva nogulumu no neviendabīgas grantainas smilts līdz mālainam aleirītam, bet vairāk dominē smalkgraudainas un vidējgraudainas smilts. Līdz ar to ir iegūts samērā plašs smilšaino nogulumu granulometriskā sastāva diapazons.



4.1. attēls. Granulometriskā sastāva kumulatīvās līknes smilts – grants karjera „Mazie Kangari” paraugotajiem slāņiem (izgatavojusi autore)

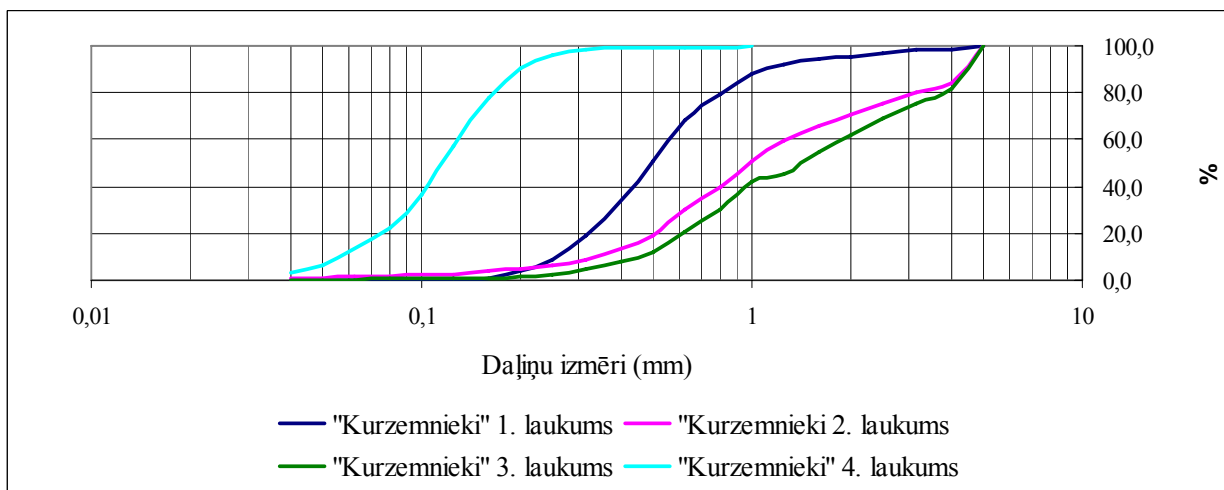
Smilts – grants karjerā „Mazie Kangari” VI laukumā paraugoto slāņu kumulatīvās līknes apvienotas 4.1. attēlā, kur var redzēt, ka 1. un 3. laukumam ir ļoti līdzīgs granulometriskais

sastāvs, atšķirība pastāv starp rupjāko daļiņu satura daudzumu, kas pirmajam laukumam ir mazāks nekā trešajam, līdz ar to atšķiras arī to tipi.



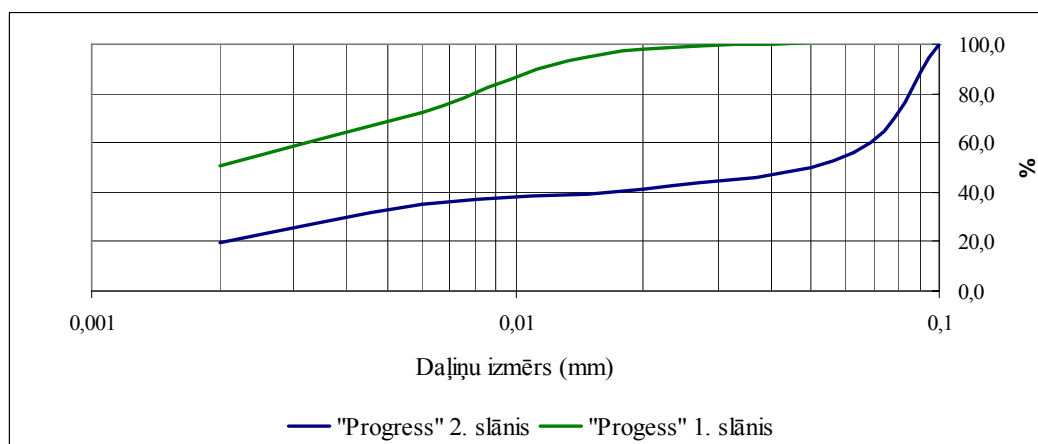
4.2. attēls. Granulometriskā sastāva kumulatīvās līknes smilts – grants karjera „Ezeri” paraugotajiem slāņiem (izgatavojusi autore)

Apvienojot (skatīt 4.2. attēlu) smilts – grants karjerā „Ezeri” paraugoto slāņu kumulatīvās līknes var redzēt, ka pirmajam un otrajam laukumam ir līdzīgs smalko daļiņu daudzums, bet pirmajā laukumā ir lielāks rupjāku daļiņu īpatsvars nekā otrajā. Savukārt trešajā laukumā ir augsts smalko daļiņu (< 0,05 mm) saturs.



4.3. attēls. Granulometriskā sastāva kumulatīvās līknes smilts – grants karjera „Kurzemnieki” paraugotajiem slāņiem (izgatavojusi autore)

Pēc smilts – grants karjerā „Kurzemnieki” paraugoto nogulumu granulometriskā sastāva kumulatīvo līkņu apvienošanas vienā grafikā (4.3. attēls) var redzēt, ka 2. un 3. laukumam ir samērā līdzīgas summārās līknes, bet atšķirības starp slāņiem ir tajā, ka otrajam laukumam ir neliels grants frakcijas daudzums, bet augsts vidēji rupjas smilts frakcijas procentuālais saturs salīdzinājumā ar trešo laukumu. 4. laukumā ir novērojams augsts smalkas smilts frakcijas saturs salīdzinājumā ar pārējiem paraugotajiem slāņiem šajā karjerā.



4.4. attēls. Granulometriskā sastāva kumulatīvās līknes māla karjera „Progress” paraugotajiem slāņiem (izgatavojusi autore)

Māla karjera „Progress” abu paraugoto slāņu kumulatīvās līknes apvienotas vienā grafikā (4.4. attēls), pēc kura var redzēt, ka 2. laukumam ir paaugstināts smalkas smilts frakcijas īpatsvars, jo līkne strauji paliek stāva, atšķirībā no pirmā laukuma, kur ir niecīgs šīs frakcijas īpatsvars. Nosakot abu slāņu tipu, 1. laukums sastāv no mālaina aleirīta, bet otrais no smilšaina aleirīta.

4.2. Dabiskā mitruma daudzums nogulumos

Mitruma daudzumu starp visiem nogulumiem var salīdzināt balstoties uz faktu, ka mērījumi veikti konkrētā gada sezonā – vasarā, samērā līdzīgos meteoroloģiskos apstākļos, kas tika izsecināts, apkopojot tuvāko meteoroloģisko staciju informāciju.

Tā kā, salīdzinot datus par mitruma daudzumu pirms laistīšanas, tika novērotas diezgan krasas atšķirības starp mērījumiem, konkrēti laukumiem, kuriem ir samērā lielas datu kopas, kas reprezentē dabiskā mitruma daudzumu slānī. Tāpēc tika aprēķināta standartnovirze šīm datu kopām (skat. 4.3. tabulu), lai labāk raksturotu mitruma sadalījumu un tā vienmērīgumu.

4.3. tabula

Standartnovirze dabiskā mitruma datu kopai (izgatavojusi autore)

	Standartnovirze
"Mazie Kangari" 1. laukums	2,2
"Mazie Kangari" 2. laukums	4,3
"Mazie Kangari" 3. laukums	3,3
"Ezeri" 1. laukums	2,54
"Ezeri" 2. laukums	0,74
"Ezeri" 3. laukums	5,91
"Kurzemnieki" 2. laukums	3,77
"Kurzemnieki" 3. laukums	3,88
"Kurzemnieki" 4. laukums	1,88

Pēc veiktajiem aprēķiniem, var redzēt, ka visnevienmērīgākais mitruma sadalījums ir „Mazo Kangaru” 2. laukumam un „Ezeru” 3. laukumam. Nevienmērīgo mitruma sadalījumu „Ezeru” 3. laukumam varētu izskaidrot, ka iespējams daži mērījumu veikti vietās, kur ir dzelzs savienojumu ieskalojumi, kuriem ir raksturīgs paaugstināts mitruma daudzums nekā apkārtējā slāni (skat. 2. nodaļu ”Materiāli un metodes”). Kaut gan, izvietojot parauglaukumu, tika izvēlēta vieta bez šādiem ieskalojumiem, nav izslēgts, ka dziļāk slānī atradās šādi lokāli laukumi (lēcas). Tāpat šis laukums ir neviendabīgs pēc apēķinātā neviendabības koeficienta (4.2. tabula), kas iespējams ir arī viens no iemesliem nevienmērīgam mitruma sadalījumam. Lai gan pārējos laukumos standartnovirze nav tik augsta, tā ir pietiekami liela un raksturo mitruma daudzuma nevienmērīgu sadalījumu. Vienmērīgs dabiskā mitruma daudzuma sadalījums salīdzinājumā ar pārējiem ir novērojams „Ezeru” 2. laukumā, kur standartnovirze ir 0,74. Izvērtējot šos datus var redzēt, ka pēc skata viendabīgos slāņos nepastāv arī vienmērīgs mitruma daudzuma sadalījums, to ietekmē gan nokrišņu intensitāte, gan paša slāņa iekšienē esošie apstākļi – infiltrācijas ātrums caur iežu porām.

Savukārt, izanalizējot datus par mitruma daudzumu pirms laistīšanas un salīdzinot tos savā starpā (4.4. tabula), var redzēt, ka dabiskā mitruma daudzums nogulumos svārtās plašās robežās no 9 līdz 51 %. Vismazākais mitruma daudzums ir rupjgraudainas smilts slānim, bet savukārt visaugstākais mālaina aleirīta slānim, kur daļiņu procentuālais saturs, kuru izmēri ir mazāki par 0,05 mm, ir 98,07 %, no kurām 31,9 % ir māla daļiņas (< 0,002 mm). Arī nogulumos, kuros ir paaugstināts smalko daļiņu īpatsvars, kā māla karjera „Progress” 2. slānī, kuru sastāvā ir 55,76 % daļiņas, kuru izmēri ir zem 0,06 mm, un karjera „Ezeri” 3. parauglaukumā, kur savukārt maza izmēru daļiņu (< 0,06 mm) saturs ir 11,6 % un 50,41 % veido smalkas smilts frakcija (0,2 – 0,06 mm), mitruma daudzums ir augsts salīdzinājumā ar pārējiem paraugotajiem nogulumiem.

5.4. tabula

Dabiskā mitruma daudzums (izgatavojusi autore)

	Mitruma daudzums uzsākot mērījumus, %	Nogulumu tips
"Progress" 1. slānis	51	mālains aleirīts
"Progress" 2. slānis	33	aleirītiska smalkgraudaina smilts
"Mazie Kangari" 1.laukums	15	rupjgraudaina smilts, viendabīga
"Mazie Kangari" 2.laukums	10	smalkgraudaina smilts, viendabīga
"Mazie Kangari" 3.laukums	15	vidējgraudaina smilts, viendabīga
"Ezeri" 1.laukums	9	vidējgraudaina smilts, viendabīga
"Ezeri" 2.laukums	10	smalkgraudaina smilts, viendabīga
"Ezeri" 3.laukums	15	putekļaina smilts, neviendabīga
"Kurzemnieki" 1.laukums	13	grantaina smilts, neviendabīga
"Kurzemnieki" 2.laukums	11	rupjgraudaina smilts, viendabīga
"Kurzemnieki" 3.laukums	10	grantaina smilts, ļoti neviendabīga
"Kurzemnieki" 4.laukums	26	smalkgraudaina smilts, viendabīga

Pēc esošo datu izanalizēšanas var redzēt, ka daļiņu izmēri un to procentuālais saturs būtiski ietekmē mitruma daudzumu iežos, jo samazinoties daļiņu izmēriem, to starpā veidojas poras, kuru diametru izmēri ir ļoti mazi, un tā rezultātā ūdens tajās tiek noturēts kapilāro spēku ietekmē. Tā pat bez porām, starp iežu daļiņām veidojas kontaktzonas un poru šaurinājumi, kur veidojas tā sauktais saskares kapilārais ūdens. Šādi apstākļi arī vairāk būs izteikti slāņiem, kurus veido smalka izmēra daļiņas, jo ir lielāka daļiņu kopējā virsma, tad arī attiecīgi ir vairāk kontakzonu to starpā. Savukārt mālaina aleirīta slānī ir paaugstināts māla daļiņu (0,002 mm) īpatsvars salīdzinājumā ar pārējiem nogulumiem, līdz ar to ūdens tiek absorbēts uz to virsmas, un tā rezultātā rodas salīdzinoši augsts mitruma daudzums.

4.3. Mitruma izmaiņas laikā pēc papildu mitrināšanas

Astoņos parauglaukumos notika slāņu papildus mitrināšana ar 10l ūdens, izņēmums bija „Mazo Kangaru” 1. laukums, kas tika laistīts ar 1l ūdens, jo tas bija eksperimentālais laukums, skatīt 3. nodaļu” Pētījumu vietu raksturojums un lauka eksperimenti tajās”. Pēc iegūto datu apstrādes, tika iegūtas līknes, kas raksturo mitruma daudzuma izmaiņas laikā pēc papildus samitrināšanas, skatīt 4.5., 4.6., 4.7. 4.8. un 4.9. attēlu. Tajās var novērot, ka starp abiem parametriem pastāv lineāra negatīva korelācija, jo palielinoties laikam samazinās mitruma daudzums. Savukārt iegūtie determinācijas koeficienti (4.5. tabula), kuri dažiem laukumiem ir pat salīdzinoši augsti, piemēram, „Ezeru” 1. laukumam, rāda mitruma daudzuma un laika ciešu lineāro saistību.

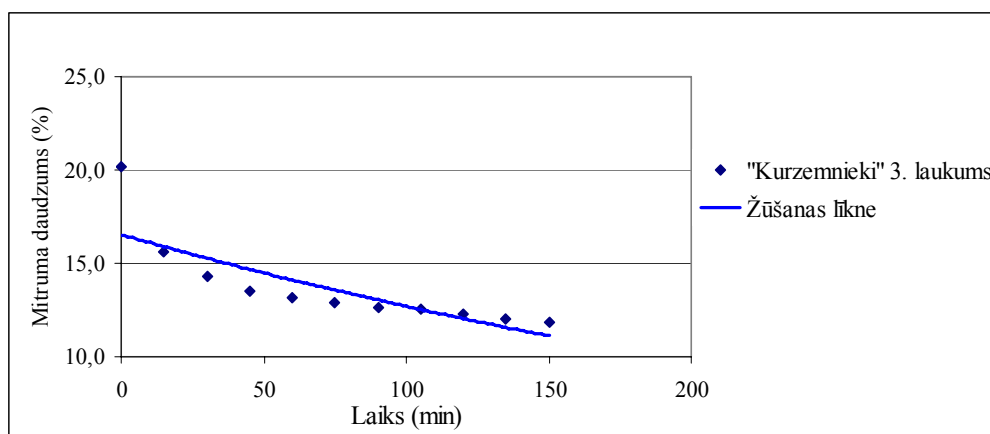
4.5. tabula

Mitruma daudzuma un laika līkņu determinācijas koeficienti (sastādījusi autore)

Vieta	R ²
"Mazie Kangari" 1. laukums	0,4106
"Mazie Kangari" 2. laukums	0,8389
"Mazie Kangari" 3. laukums	0,9151
"Ezeri" 1. laukums	0,9668
"Ezeri" 2. laukums	0,8133
"Ezeri" 3. laukums	0,7576
"Kurzemnieki" 2. laukums	0,682
"Kurzemnieki" 3. laukums	0,6521
"Kurzemnieki" 4. laukums	0,8254

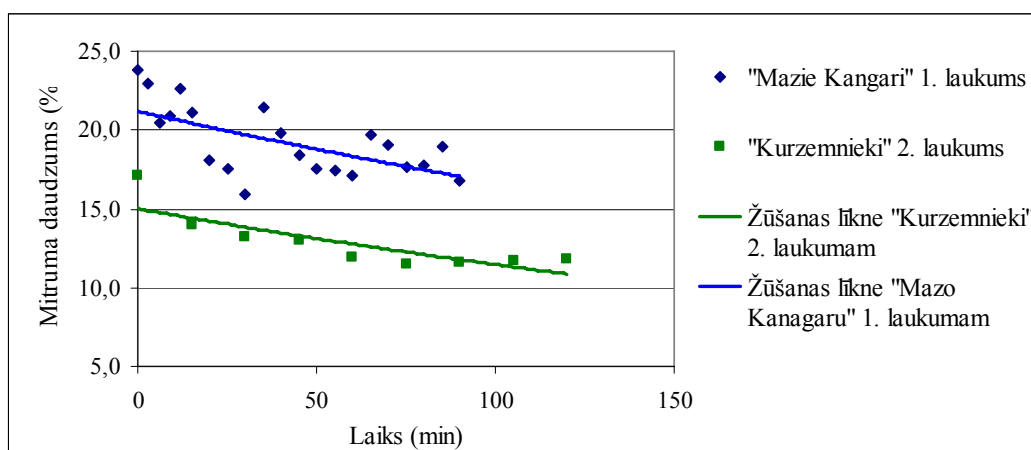
Šo abu parametru izteikto linearitāti dažos laukumos iespējams var izskaidrot ar to, ka mitrums samazinās vienmērīgi notiekot infiltrācijas un iztvaikošanas procesiem. Savukārt dažās līknēs, kā „Kurzemnieku” 3. laukumam, skatīt. 4.5. attēlu, var redzēt, ka pēc slāņa papildus samitrināšanas mitrums sākumā samazinās strauji un vienmērīgi, bet mērījumu beigās intensitāte mazinās, kā rezultātā līkne izliecas. To varētu izskaidrot ar to, ka sākumā mitrums samazinās ūdenim infiltrējoties dziļāk slānī, bet tālākā mērījumu laikā ūdens slānī

atbrīvojas daudz lēnāk nekā sākumā, jo gravitācijas ūdens ir aizplūdis un notiek iztvaikošanas procesi.



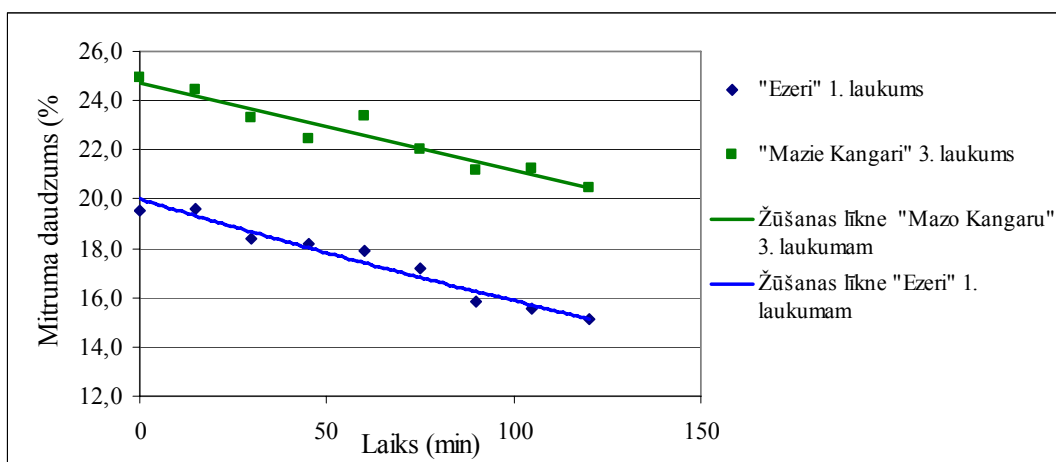
4.5. attēls. Ļoti neviendabīgas grantainas smilts žūšanas līkne (izgatavojusi autore)

Savukārt vāji izteiktu linearitāti starp abiem lielumiem var novērot „Mazo Kangaru” 1. parauglaukumā (4.6 attēls), kur ir liela datu izkliede ap līkni. Par iemeslu šādai situācijai iespējams ir fakts, ka veicot salīdzinoši daudz mitruma mērījumus pirms laistīšanas, pievadītais ūdens sensoru adatu atstātajos tukšumos ātrāk infiltrējās dziļāk slānī, un tā rezultātā radās nevienmērīgs mitruma sadalījums, kas iespaidoja tālākos mērījumus. Tāpēc ir sarežģīti noteikt vai starp rupjgraudainas smilts nogulumiem ir novērojama līdzīga žūšanas intensitāte.



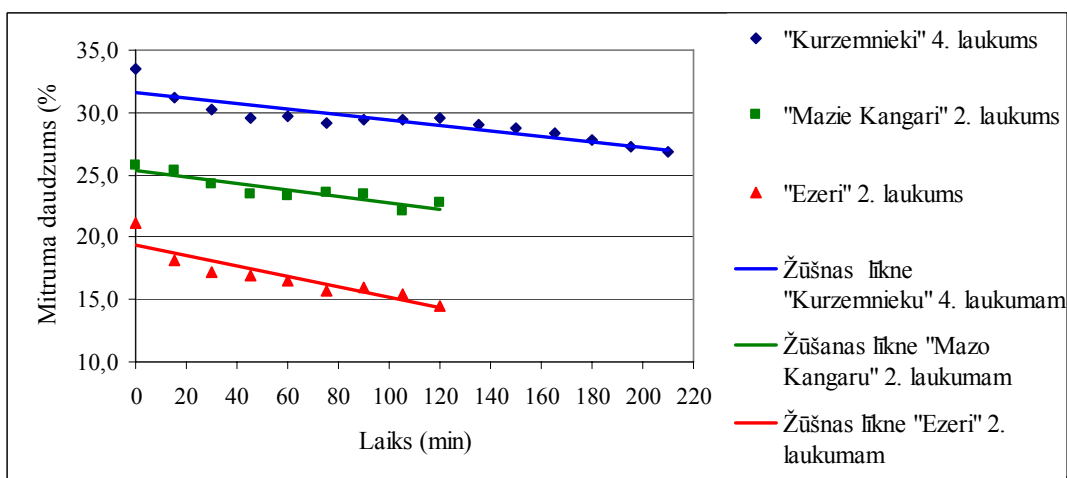
4.6. attēls. Viendabīgas rupjgraudainas smilts žūšanas līknes (izgatavojusi autore)

Savukārt citos vienāda sastāva nogulumos žūšanas intensitāte ir līdzīga. Vidējgraudainā smiltī mitruma daudzums samazinās lineāri (skatīt 4.7. attēlu), ko apliecina, tas ka datu izkliede ap līkni ir neliela. Ja novērtē savā starpā abu žūšanas līkņu slīpumu, tad tās ir samērā līdzīgas, kā arī starp līknēm saglabājas aptuveni vienāds intervāls, kāds tas ir starp sākotnējo mitruma daudzumu.



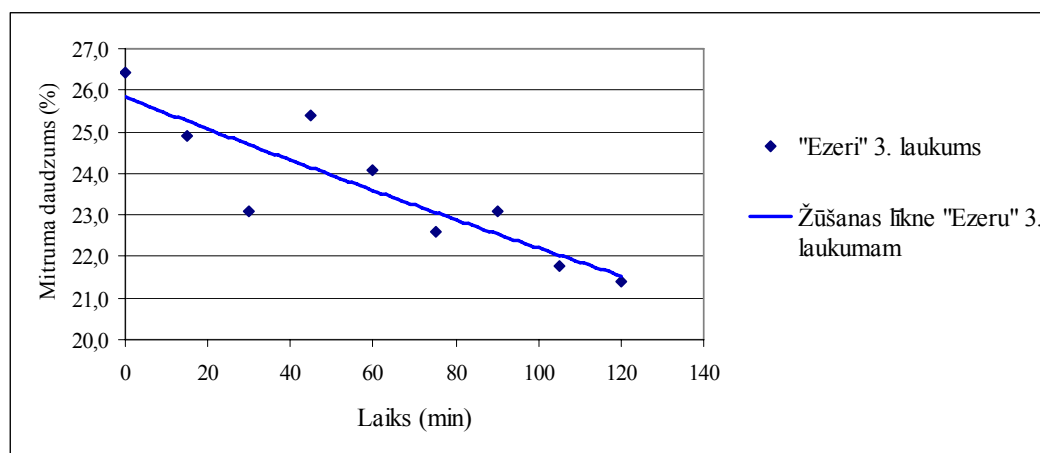
4.7. attēls. Viendabīgas vidējgraudainas smilts žūšanas līknes (izgatavojusi autore)

Savukārt smalkgraudainas smilts nogulumos „Kurzemnieku” 4. laukumā un „Ezeru” 2. laukumā (4.8. attēls) var novērot, ka sākumā ir nedaudz straujāka mitruma daudzuma samazināšanās, to pierāda pirmā mērījuma patālā atrašanās no līknes. Mitruma izmaiņas starp „Kurzemnieku” 4. laukumu un „Mazo Kanagaru” 2. laukumu norit līdzīgi, izņēmums ir „Ezeru” 2. laukums, kur žūšanas līkne ir nedaudz stāvāka par abām pārējām. Tas liecina par to, ka šajā laukumā ir notikušas straujākas mitruma izmaiņas.



4.8. attēls. Viendabīgas smalkgraudainas smilts žūšanas līknes (izgatavojusi autore)

Vienīgajā neviendabīgas putekļainas smilts slānī (4.9. attēls) var redzēt, ka pastāv neliela mērījumu novirze no lineārās līknes. Tam par iemeslu varētu būt jau sākumā nevienmērīgais dabiskā mitruma sadalījums slānī, kas saglabājies arī pēc laukuma papildus mitrināšanas. Neraugoties uz to, ir novērojama mitruma samazināšanas lineārā attiecībā pret laiku



4.9.attēls. Neviendabīgas puteklainas smilts žūšanas līkne (izgatavojusi autore)

Kopumā, izanalizējot mitruma un laika raksturlīknes, var redzēt, ka pēc papildus mitrināšanas, ūdens samazināšanās notiek iedarbojoties infiltrācijas procesiem, kas sākumā ir primārie, jo nepiesātinātajā zonā rodas apstākļi, kas ir līdzīgi ar ūdeni piesātinātajai zonai. To uzskatāmi attaisno līknes, kuru sākumā novērojama strauja mitruma samazināšanās, bet tas ir neilgs process, jo pēc tam līkne kļūst lēzena. Kad lielākā daļa ūdens ir infiltrējies dziļāk, tad šo procesu intensitāte sāk mazināties, un ūdens samazināšanās notiek iedarbojoties vairākiem faktoriem kompleksi, un lielāku nozīmi sāk iegūt meteoroloģiskie faktori, īpaši vēja ātrums un apkārtējās vides temperatūra, kuru procesu intensitāti iežos savukārt nosaka to fizikālās īpašības, un kā viena no tām – granulometriskais sastāvs.

Savukārt, ja salīdzina savā starpā mitruma daudzuma palielināšanos nogulumos pēc laistīšanas (4.6. tabula), tad jāņem vērā arī to granulometriskais sastāvs. Tā kā mērījumi tika veikti ar ūdeni nepiesātinātajā zonā, tad pievadot papildus ūdeni, tas strauji infiltrējās dziļāk slānī, un ūdens daudzums, kas „aizkavēsies” aerācijas zonā būs atkarīgs no iežu daļiņu izmēriem, jo ūdens aerācijas zonā smilšainos nogulumos noturas kapilārā efekta ietekmē un arī tiek absorbētam uz māla daļiņu virsmas.

4. 6. tabula

Mitruma daudzuma pieaugums pēc parauglaukuma papildus laistīšanas (sastādījusi autore)

Vieta	Mitruma daudzuma pieaugums pēc laistīšanas, %	Dominējošā frakcija, mm	Frakcija <0,06 mm, %
"Kurzemnieki" 2. laukums	6	0,6 – 0,2	0,07
"Kurzemnieki" 3. laukums	10	2,0 – 0,6	0,21
"Kurzemnieki" 4. laukums	7	0,2 – 0,006	6,7
"Ezeri" 1. laukums	10	0,6 – 0,2	2,83
"Ezeri" 2. laukums	11	0,2 – 0,006	1,57
"Ezeri" 3. laukums	12	0,2 – 0,006	11,6
"Mazie Kangari" 1. laukums	9	0,6 – 0,2	0,15
"Mazie Kangari" 2. laukums	8	0,2 – 0,006	4,14
"Mazie Kangari" 3. laukums	10	0,6 – 0,2	0,21

Pēc iegūtajiem rezultātiem, vislielākais mitruma daudzuma pieaugums ir novērojams „Ezeru” 3. laukumam, kur mitrums slānī palielinājies par 12 %. Ja aplūko šī slāņa granulometrisko sastāvu, tad 50,41 % sastāda smalkas smilts frakcija, kuras lielāko daļu veido daļiņas ar izmēriem no 0,2 līdz 0,125 mm (39,34 %). Tāpat šajā laukumā no visiem smilšanajiem nogulumu slāņiem ir visaugstākais daļiņu īpatsvars, kuri izmēri ir mazāki par 0,06 mm, konkrēti 11,6 %. „Ezeru” 2. laukumā, kur savukārt smalkas smilts frakcija sastāda 77,24 % no kopējās iežu masas, mitruma daudzums palielinājās par 11,1 %. Vismazākais mitruma daudzums novērojams „Kurzemnieku” 2. laukumā, kur pēc papildu mitrināšanas ūdens daudzums pieauga par 6 %. Ja aplūko šī laukuma granulometrisko sastāvu, tad procentuāli vislielāko daļu veido grants (5,71 %) un rupjas smilts frakcija (43,88 %), savukārt smalkas smilts un rupjas putekļu frakcijas, kas aizpilda rupjāko daļiņu veidotos tukšumus un tādejādi rada apstākļus, lai ūdens noturētos kapilāro spēku ietekmē, kopējais saturs ir vien 1,17 %. Arī citos laukumos, kur ir augsts rupjo daļiņu (< 0,6 mm) saturs un relatīvi zems smalkos smilts un rupjas putekļu frakcijas īpatsvars, mitruma pieaugums nav augsts, piemēram, „Mazo Kangaru” 3. laukumam, kur grants un rupjas smilts frakcijas kopējais saturs ir 35,67 %, bet smalkas smilts frakcijas veido 5,01 %, bet daļiņas mazākas par 0,06 mm – 0,21 %, mitruma daudzums pieauga par 9 %. Pēc esošo datu izvērtēšanas ir nogulumi, kur mitruma daudzuma pieaugums ir salīdzinoši zems, neraugoties uz to, ka lielāko daļu veido smalkas smilts frakcija, piemēram, „Kurzemnieku” 4. laukums. Tajā smalkas smilts frakcijas un daļiņu, kuru izmēri ir zem 0,06 mm, kopējais saturs ir 77,51 % (4.1. tabula), bet mitruma pieaugums ir vien 7 %. To iespējams izskaidrot ar to, ka slānis, jau pirms laistīšanas bija mitrs. Tā rezultātā laistīšana notika salīdzinoši lēnāk kā citos slāņos, un mitrināšanas sākumā pievadītais ūdens jau bija infiltrējies dziļāk slānī par 5 cm, kas ir sensoru adatu dziļums.

Šo datu savstarpējā analīze pierāda to, ka smilšainos nogulumos, kuru sastāvā ir paaugstināts smalko daļiņu īpatsvars, kuru izmēri ir mazāki sākot ar 0,2 mm, veidojas samērā daudz maza izmēra poras, gan ievērojami vairāk daļiņu savstarpējo kontaktzonu, kur ūdens noturas kapilāro spēku ietekmē. Pat iežos, kur dominē grants un rupjgraudainas smilts frakcijas, mazāka izmēra daļiņas aizpilda lielāka izmēra poras, tā rezultātā pasliktinot iežu filtrācijas īpašības, kādas tam varētu piemist, ja poras būtu tukšas. Tas uzskatāmi redzams „Kurzemnieku” 3. laukumā, kur mitrums paaugstinājies par 10 %, lai gan dominējošā ir smalkas grants frakcija, kuras procentuālais saturs ir 45,45 %, un kā nākamā lielākā ir rupjas smilts frakcija, kura veido 43,88 %. Augsto mitruma pieaugumu salīdzinājumā ar citiem nogulumiem, kuru sastāvā ir paaugstināts rupjo daļiņu saturs, ietekmēja smalkas smilts un rupjas putekļu frakcijas saturs, kas konkrēti šajos nogulumos veido 1,74 %.

Ja izvērtē datus par to, kā mitruma pieaugums samazinājies mērījumu laikā pēc papildus ūdens pievadīšanas, tad vislielākais samazinājums ir novērojams laukumiem, kur ir neliels smalko daļiņu īpatsvars, un salīdzinoši augsts rupjāko daļiņu saturs, konkrēti „Kurzemnieku” 2. parauglaukumam, skatīt 4.7. tabulu, kur attiecīgi liekais ūdens daudzums samazinājies par 92,98%. Šī laukuma lielāko daļu veido rupjas un vidēji rupjas smilts frakcijas, kuru procentuālais saturs attiecīgi ir 43,88 % un 49,24 %, bet smalkas smilts frakcija kopā ar putekļu frakciju sastāda vien 1,17 %. Tāpat ievērojams mitruma daudzuma samazinājums ir „Kurzemnieku” 3. laukumam, kur mitruma daudzuma pieaugums mērījumu laikā samazinājies par 82,86 %. Arī šī laukumu lielāko daļu veido grants un rupjas smilts frakcijas, kuru kopējais procentuālais saturs ir 89,98 %, bet smalkas smilts un putekļu frakcijas kopējais saturs ir 1,74 %. Lai gan pēc laistīšanas šim laukumam bija salīdzinoši augsts mitruma daudzuma pieaugums nekā citiem līdzīga sastāva laukumiem, taču tā kā tas sastāv lielākoties no lielāka izmēra daļiņām, tad ūdeni, kas aizturas aerācijas zonā ir samērā viegli atbrīvot, gan iedarbojoties meteoroloģiskajiem faktoriem, konkrēti vējam, gan intensīvāk notiekot infiltrācijas procesiem. Savukārt vismazākais liekā mitruma daudzuma samazinājums ir novērojams „Mazo Kangaru” 2. laukumā, kur mērījumu laikā mitrums samazinājās vien par 34,09 %. Ja apskata šī laukuma granulometrisko sastāvu, tad lielāko daļu veido smalkas smilts frakcija, kuras procentuālais saturs ir 74,32 %, kur lielāko īpatsvaru veido daļiņas ar izmēriem no 0,16 līdz 0,1 mm, bet vismazākais saturs ir rupjas smilts frakcijai konkrēti 0,09 %.

Izanalizējot līdzīgi pārējos parauglaukumus, var redzēt, ka samazinoties daļiņu izmēriem un palielinoties to daudzumam, ūdens samazināšanās pēc papildus samitrināšanas notiek lēnāk. To iespējams izskaidrot, ka smalka sastāva iežos ūdens nepiesātinātājā zonā, paaugstināts mitruma daudzums pēc laistīšanas galvenokārt veidojas, jo starp maza izmēra daļiņām veidojas attiecīgi maza izmēra poras, pa kurām ūdens var lēnāk pārvietoties, tādējādi samazinās infiltrācijas procesu intensitāte, kā arī veidojas labvēlīgi apstākļi, lai ūdens noturētos kapilārā efekta ietekmē gan porās, gan starp daļiņu kontaktzonām, kuras, attiecīgi samazinoties daļiņu izmēriem, veidojas ievērojami vairāk. Tāpat smalka izmēra daļiņām, sevišķi māla, piemīt lielāka virsmas enerģija, kā rezultātā ūdens tiek noturēts ciešāk nekā tas ir uz rupjāka izmēra daļiņu virsmas. Tāpēc ir nepieciešams ilgāks laiks, lai smalkāka sastāva laukumos tiktu sasniegts sākotnējais dabiskais mitrums nekā rupjāka sastāva slāņos.

Mitruma daudzuma samazināšanās mērījumu laikā (izgatavojusi autore)

	Starpība starp mitrumu daudzumu pirms un pēc laistīšanas, %	Mitruma samazināšanās mērījumu laikā, %	Samazinājums, procentos
"Mazie Kangari" 1. laukums	11	7	64,22
"Mazie Kangari" 2. laukums	9	3	34,09
"Mazie Kangari" 3. laukums	10	4	43,14
"Ezeri" 1. laukums	10	5	44,55
"Ezeri" 2. laukums	11	7	59,46
"Ezeri" 3. laukums	12	5	42,37
"Kurzemnieki" 2. laukums	6	5	92,98
"Kurzemnieki" 3. laukums	10	9	82,86
"Kurzemnieki" 4. laukums	7	5	70,59

4.4. Dabiskā mitruma izmaiņas laikā

Lauka darbu laikā tika, mērīta arī dabiskā mitruma daudzuma izmaiņas četros parauglaukumos bez papildus mitrināšanas. Divi parauglaukumi atradās māla karjera „Progress” teritorijā. Tie tika izvietoti slāņos, kuru sastāvā ir paaugstināts putekļu frakcijas (0,06 – 0,002 mm) un māla (< 0,002 mm) daļiņu īpatsvars. Bet atlikušie divi smilts – grants kerjerā „Kurzemnieki”, kur savukārt tie izveidoti slāņos, kuru sastāvā ir paaugstināts grants un rupjas smilts frakciju saturs. Iegūtie dati, pēc vienkāršas to statistiskās apstrādes apvienoti 4.8. tabulā.

Nogulumu mitruma daudzuma dati (izgatavojusi autore)

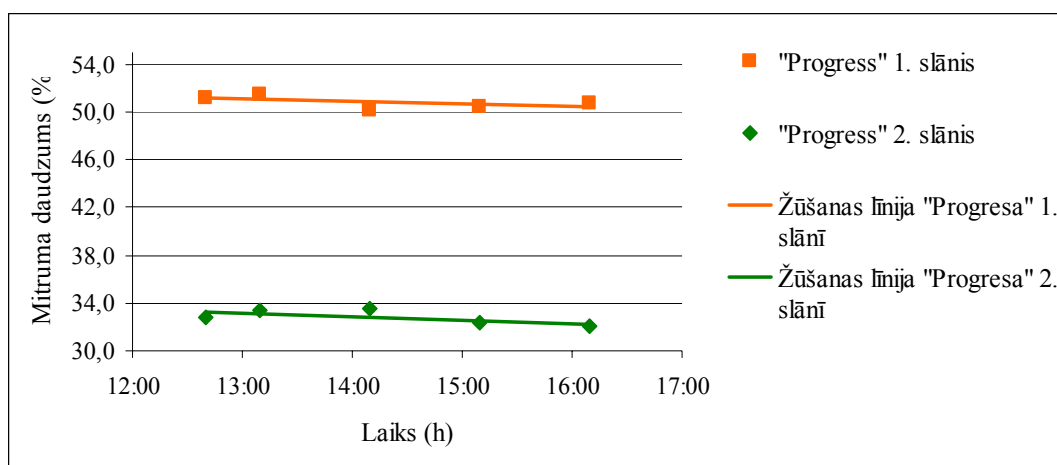
	Mitruma daudzums uzsākot mērījumus, %	Mitruma daudzums mērījumu beigās, %	Starpība starp mitruma daudzumu sākumā un beigās, %	Mērījumu laiks, stundas
"Progress" 1. slānis	51,2	50,7	0,5	3:30
"Progress" 2. slānis	32,8	32,0	0,8	3:30
"Kurzemnieki" 1. laukums	12,5	11,1	1,4	9:15
"Kurzemnieki" 2. laukums	11	9,7	1,3	8:00

Karjera „Progress” paraugotajos mālaina aleirīta un aleirītiskas smalkgraudainas smilts slāņos mitruma daudzums tajos trīs ar pus stundu laikā ir samazinājies attiecīgi tikai par 0,5 un 0,8 %, jeb no mitruma daudzuma sākumā tikai par 0,97 un 2,43 procentiem. Ja aplūko šo slāņu granulometrisko sastāvu, tad tie sastāv no maza izmēra daļiņām. Konkrēti pirmajā slānī 31,9 % veido māla daļiņas un 66,16 % aleirīta frakcija. Savukārt 2. slānī māla daļiņu saturs ir

ievērojami mazāks vien 19,8 %, bet tajā lielu daļu veido smalkgraudainas smilts frakcija – 44,0 %.

Tāpat 8 un 9:15 stundu ilgi mērījumi tika veikti „Kurzemnieku” karjerā, kur tika paraugoti divi slāņi, kur 1. parauglaukums sastāv no grantainas smilts, bet otrs no rupjgraudainas smilts. Šajos slāņos savukārt ir niecīgs smalkas smilts un putekļu frakcijas saturs, attiecīgi 1. laukumā to kopējais procentuālais saturs ir 3,72 %, bet otrajā 1,17 %. Šajos laukumos dabiskā mitruma samazinājums arī visā mērījumu laikā bija neliels, attiecīgi 1,4 un 1,3 %, jeb no kopējā mitruma daudzuma sākumā, par 11 procentiem.

Pēc šo četru laukumu datu izvērtēšanas, var novērot, ka protams, iežos ar paaugstinātu putekļu frakcijas un māla daļiņu īpatsvaru dabiskā mitruma daudzums būs augstāks nekā rupjgraudainos nogulumos. Bet, izanalizējot šos datus, var redzēt, ka pie vienādiem meteoroloģiskajiem apstākļiem, dabiskā mitruma izmaiņas laikā ir ļoti mazas, pat atsedzot slāņa virsmu un tā rezultātā palielinot vēja un gaisa temperatūras, ietekmi uz mitruma izmaiņām. Tā kā karjera „Progress” abos paraugotajos slāņos ir paaugstināts māla daļiņu saturs it sevišķi pirmajā, tad daļu mitruma daudzumu veido cieši saistītais ūdens uz šo daļiņu virsmas, kura atbrīvošanai ir nepieciešama salīdzinoši augsta enerģija un dabiskos apstākļos to samazināt nav iespējams. Tāpēc mērījumu laikā mitruma daudzums samazinās atbrīvojot nelielu daļu kapilārā ūdens, un žūšanas līkne ir lēzena, skatīt 4.10.attēlu.



4.10. attēls. Māla karjera „Progress” paraugoto slāņu žūšanas līknes (izgatavojusi autore)

Protams, ka pie vienādiem klimatiskajiem apstākļiem, vieglāk kapilāro ūdeni ir atbrīvot rupjgraudaina sastāva iežos, kā tas ir abos laukumos „Kurzemnieku” karjerā, jo starp daļiņām veidojas samērā lielas poras, un tā rezultātā gaisa plūsmas dziļāk iekļūst slānī, gan arī ir dziļāka gaisa temperatūras ietekme, un palielinās iežu un gaisa savstarpējās ietekmes laukums. Savukārt smalka sastāva iežos šis ietekmes laukums ir mazs, jo starp daļiņām veidojas maza izmēra poras, kur ūdens tiek noturēts ar lielu spēku.

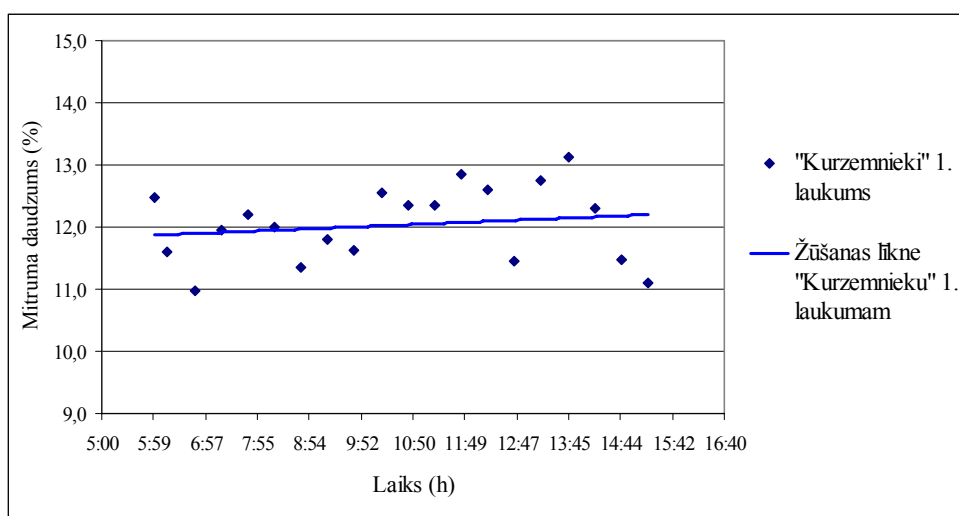
Ja analizē mitruma daudzuma izmaiņas laikā, tad starp abiem parametriem pastāv ļoti vāji izteikta linearitāte, ko labi pierāda arī no žūšanas līknēm iegūtie determinācijas koeficienti (4.7. tabula). Vislabākā linearitāte novērojama karjera „Progress” 2. slānim, kur starp abiem lielumiem novērojama aptuveni 48 % lineāra saistība.

4.7. tabula

Parauglaukumu mitruma daudzuma un laika līkņu determinācijas koeficienti

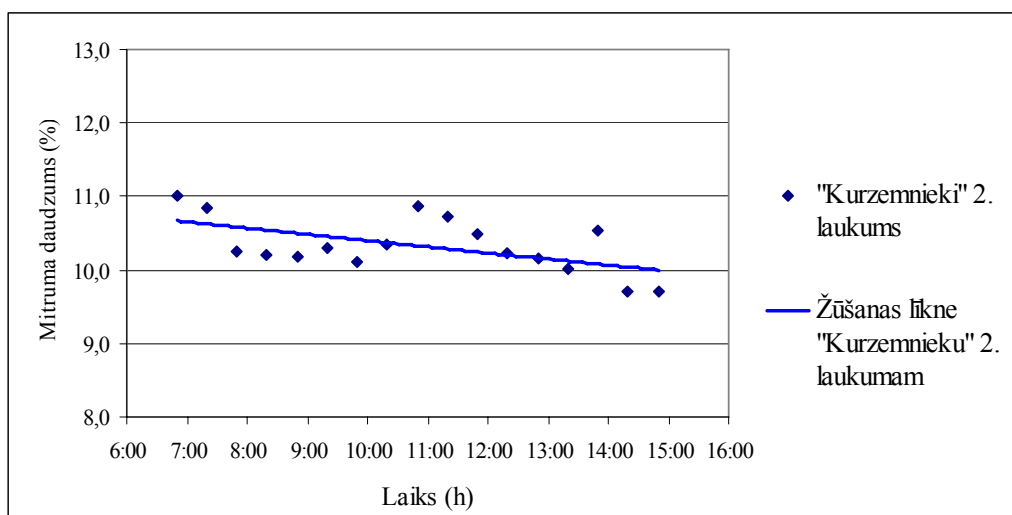
Vieta	R ²
"Progress" 1. slānis	0,3727
"Progress" 2. slānis	0,4827
"Kurzemnieki" 1.laukums	0,0325
"Kurzemnieki" 2.laukums	0,3106

Savukārt ļoti vāji izteikta linearitāte starp mitruma daudzumu un laiku ir novērojama karjera „Kurzemnieki” pirmajam laukumam, kur determinācijas koeficients ir vien 0,0325, kas norāda visdrīzāk, ka starp parametriem pastāv nelineāra korelācija (skatīt 4.11. attēlu) Vāji izteikto linearitāti paraugotajiem slāņiem, iespējams varētu radīt tas, ka mitruma izmaiņas starp mērījumiem ir nelielas, un tāpēc vēlākos mērījumos ir novērojams neliels mitruma pieaugums. Kā arī, ja mitruma zudums ir neliels tad tā izmaiņu skaitliskās vērtības var ietekmēt arī nogulumu granulometriskā sastāva neviendabīgums.



4.11. attēls. Smilts – grants karjera „Kurzemnieki” pirmā laukuma žūšanas līkne (izgatavojusi autore)

Ja aplūko „Kurzemnieku” otrā laukuma žūšanas līkni (4.12. attēls), tad arī var redzēt mērījumu izkliedi, kura atšķirībā no pirmā laukuma nav tik liela, un starp abiem parametriem var novērot labāku lineāro saistību.



4.12. attēls. Smilts – grants karjera „Kurzemnieki” otrā laukuma žūšanas līkne

Pēc esošo datu izanalizēšanas var redzēt, ka dabiskā mitruma izmaiņas ilgā laika periodā ir nelielas, un starp mērījumiem pastāv novirzes, tā rezultātā starp laiku un mitruma daudzumu nepastāv labi izteikta lineārā saistība, kā tas ir slāņos ar paaugstinātu ūdens daudzumu.

SECINĀJUMI

Bakalaura darba izstrādē, apkopojot un izanalizējot iegūtos rezultātus, var izdarīt šādus secinājumus:

- Līdzīgos meteoroloģiskos apstākļos nogulumos, kuru sastāvā ir māla ($< 0,002$ mm) un smalka izmēra ($0,2 - 0,002$ mm) daļiņas ir palielināts arī mitruma daudzums salīdzinājumā ar rupjāka sastāva ($> 0,6$ mm) nogulumiem, jo māla daļiņas uz savas virsmas absorbē ūdeni, kā arī starp smalka izmēra daļiņām veidojas labvēlīgi apstākļi, lai ūdens noturētos kapilāro spēku ietekmē.
- Slāņos nespātāv viendabīgs dabiskā mitruma daudzuma sadalījums, ko pierāda aprēķinātās standartnovirzes vērtības, un tā izmaiņas ilgā laika periodā ir salīdzinoši nelielas gan nogulumos ar augstu smalko daļiņu ($0,2 - 0,002$ mm) un māla daļiņu ($< 0,002$ mm) īpatsvaru, gan nogulumos ar augstu rupjo daļiņu saturu ($> 0,6$ mm). Liela ietekme uz dabiskā mitruma izmaiņām ir meteoroloģiskajiem apstākļiem.
- Paaugstinoties ūdens daudzumam aerācijas zonā, mitruma izmaiņas notiek vienlaicīgi iedarbojoties gan infiltrācijas procesiem, gan meteoroloģiskajiem apstākļiem. Sākumā, pēc nogulumu samirkšanas, ir izteiktāki infiltrācijas procesi, bet vēlāk, jau pēc gravitācijas ūdens aizplūšanas, papildus ūdens no aerācijas zonas atbrīvojas iztvaikojot.
- Samazinoties daļiņu izmēriem un palielinoties to īpatsvaram nogulumos ir novērojama lielāka ūdens aizture aerācijas zonā pēc papildus mitrināšanas, un pēc tam arī lēna mitruma samazināšanās laikā.

Turpmāk būtu vērts novērtēt arī meteoroloģiskos apstākļu, konkrēti vēja stiprumu, gaisa temperatūru un relatīvo mitrumu tieši pētījumu vietā, paralēli ar mitruma daudzuma izmaiņām, lai labāk izprastu to ietekmi uz nogulumu mitruma izmaiņām. Tāpat, lai novērtētu katra slāņa infiltrācijas intensitāti, būtu nepieciešams noteikt iežu filtrācijas koeficientu, kas ir laikā nemainīgs lielums tāpat kā granulometriskais sastāvs un tāpēc raksturotu cik ātri ūdens kustas caur iežu daļiņām.

Vajadzētu arī veikt uzlabojumus metodē. Lai pēc dabiskā mitruma noteikšanas nerastos sensoru adatu atstātie tukšumi, pa kuriem norit ūdens straujāka infiltrācija, šai nolūkā vajadzētu izvietot vairākus sensorus un atstāt tos stacionāri visu mērījumu laiku. Tādejādi varētu iegūt korektākas mitruma daudzuma izmaiņas

PATEICĪBAS

Darba autore izsaka pateicību par atbalstu pētījuma veikšanā darba vadītājam Dr.ģeol., doc. Aijai Dēliņai, kā arī M. ģeol. Andrim Karpovičam par sniegtajām konsultācijām metodes izvēlē, un ģeoloģijas bakalaura 4. kursa studentei Eleonorai Pērkonei par palīdzību lauka darbu veikšanā. A/S „Latvijas valsts mežiem” par finansiālo atbalstu un iespēju veikt lauka darbus uzņēmumam piederošajos karjeros. Projektam „Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem”, LU reģistrācijas Nr. ESS 2009/81 par finansiālu atbalstu pētījumu veikšanai.

IZMANTOTĀ LITERTŪRA

Publicētā literatūra

- Ashman M. R., Puri G. 2002. *Essential soil science*. Blackwell Publishing company, Cornwall. 198 p.
- Aysen A. 2005. *Soil mechanics: basic concepts and engineering applications*. Taylor & Francis, London, New York. 457 p.
- Craig R. F. 1997. *Soil mechanics*. Spon press, London and New York. 496 p.
- Fredlund D. G., Rahadrjo 1993. *Soil mechanics for unsaturated soil*. John Wiley & Sons, New York. 517 p.
- Handy R. L., Spangler M. G. 2006. *Geotechnical Engineering: Soil and foundation principles and practice*. McGraw – Hill Profesional Publishing. New York. 904 p.
- Indāns A., Ošiņa J., Zobena A. 1986. *Inženierģeoloģija*. Zvaigzne, Rīga. 276 lpp.
- Liepa I. 1974. *Biometrija*. Zvaigzne, Rīga. 335 lpp.
- Mitchell J. K., Soga K. 2005. *Fundamentals of soil behavior*. Third Edition. John Wiley & Sons, New York. 652 p.
- Sanders L. L. 1998. *A manual of field hydrogeology*. Prentice Hall, Illinois. 381 p.
- Smith K. A., Mullins C. E. 2000. *Soil and Enviromental analysis: Physical Methods*. 2nd edn. Marcel Dekker Incorporated, New York. 650 p.
- Todd L. M., Mays D. K. 2005. *Groundwater Hydrogeology*. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. 636 p.
- White R.E., 1997. *Principles and practice of soil science*. Third Edition. Blackwell Publishing company, Cornwall. 348 p.
- Фролов А. Ф., Коротких И. В. 1983. *Инженерная геология*. Недрa, Москва. 333 с.

Žurnāla raksts

- Fredlund M. D, Wilson W. G., Fredlund D. G. 2002. Use the grain – size distribution for estimation of the soil – water characteristic curve. *Can. Geotech.* 39 (5). 1103. – 1117.

Nepublicētā literatūra

- Ābolts J. 2004. Pārskats par ģeoloģiskās izpētes darbiem Rīgas rajona Allažu pagasta smilts – grants atradnē „Mazie Kangari” VI laukums. Rīga. VĢD fonds, inv. Nr. 14677. 27 lpp.
- Bernāns A. 1999. Pārskats par ģeoloģiskās izpētes darbiem Ezeru smilts grants atradnē. Rīga. VĢD fonds, inv. Nr. 12125. 19 lpp.

Delta – T Device. 2006. User manual for the SM 200. Soil moisture sensor. Delta – T Device Ltd, Cambridge . 36 p.

Filipenkovs V., Tūna M., Grabis J. 2006. Ģeotehnikas pamatkurss. Lekcijas un praktiskās nodarbības. Rīgas Tehniskā universitāte, Būvniecības fakultāte, Rīga. 166 lpp.

Klimoviča I. 1982. Atskaite par ģeoloģiskās izmeklēšanas darbiem smilts – grants atradnē „Kurzemnieki”. Rīga. VĢD fonds, inv. Nr. 9947. 18 lpp.

Васильева А.Н. 1959. Отчет о геологоразведочных работах, произведенных на месторождении глин „Прогресс”, Елгавского района Латвийской ССР. Рига. VĢD fonds, inv. Nr. 2125. 90 с.

Kartogrāfiskie materiāli

ORTOFOTO 3. *LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka*. LU ĢZZF WMS. Sk. 23.03.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

TOPO 50K Satelītkarte. *VZD Satelītkaršu mozaīka*. LU ĢZZF WMS. Sk. 23.03.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

Elektroniskie resursi

Prichard T. L. [S.a]. Soil moisture measurement technology. University of California Davis. Sk. 12. 03. 2010. Pieejams <http://ceeldorado.ucdavis.edu/files/45069.pdf>

VICAIRE – Module 3 [S.a]. Sk. 25.04.2009. Pieejams http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/mod_3/chapt_4/main.htm

Meteoroloģiskā informācija. 2009. Sk. 12.10.2009. Pieejams http://www.meteo.lv/pdf_base/meteor_2009.html

1. pielikums. Atsegumu apraksti

Smilts – grants karjera „Mazie Kangari” VI laukuma dienvidu sienas atseguma litoloģiskais apraksts virzienā no apakšas uz augšu:

1. slānis – gaiši brūna, pelēcīga rupjgraudaina smilts. Slāņa biezums ir 0,8 m.
2. slānis – tumši brūna, oranža vidēji rupjgraudaina smilts. Slāņa biezums ir aptuveni 0,6 m.
3. slānis – atseguma augšdaļā atrodas plāns, pāris centimetri biezs, augsnes slānis.

Smilts – grants karjera „Mazie Kangari” VI laukuma ziemeļaustrumu sienas atseguma litoloģiskais apraksts virzienā no apakšas uz augšu:

1. slānis – gaiši pelēcīgi brūna smalkgraudaina smilts, rupjāka sastāva smilts slānīši mijas ar smalkāka sastāva. Biezums 1,1 m.
2. slānis – brūngani pelēcīga aleirītiska smilts, slāņa biezums 0,07 m.
3. slānis – brūngana mālaina smilts, slāņa biezums 0,07 m.
4. slānis - gaiši pelēcīgi brūna smalkgraudaina smilts, slāņa biezums 0,1 m.
5. slānis – pelēcīgi brūns grantainas smilts slānis, ar lielu rupjo daļiņu īpatsvaru. Slāņa biezums 0,2 m.
6. slānis – pelēcīgi brūns rupjgraudainas smilts slānis ar smalkgraudainas smilts starpslāņiem. Kopejais biezums – 0,4 m.
7. slānis – pelēcīgi brūns grantainas smilts slānis, ar paaugstinātu grants un oļu graudu daudzumu.

Smilts – grants karjera „Ezeri” ziemeļu sienas atseguma litoloģiskais apraksts no apakšas uz augšu:

1. slānis – gaiši brūna rupjgraudaina smilts ar dzelzs savienojumu ieskalojumu joslām. Biezums aptuveni 0,5 m.
2. slānis – brūna aleirītiska smilts. Slāņa biezums ir 0,2 m.
3. slānis – gaiši brūna smalkgraudaina smilts ar dzelzs ieskalojumu joslām. Slāņa biezums ir 0,6 m.
4. slānis – atseguma augšdaļā atrodas 0,85 m bieza augsnes virskārta

Smilts – grants karjera „Ezeri” austrumu sienas atseguma litoloģiskais apraksts, no apakšas uz augšu:

1. slānis - atseguma apakšā atrodas gaiši dzeltenīgi brūna, vidējgraudaina smilts. Tā biezums 0,35 m.
2. slānis - gaiši dzeltenīga, smalka smilts. Slāņa biezums ir 0,3 m
3. slānis – atseguma augšdaļā atrodas 0,2 m biezs augsnes slānis

Smilts – grants karjers „Kurzemnieki” dienvidu sienas atseguma litoloģiskais apraksts, no apakšas uz augšu:

1. slānis – gaiši brūna, pelēcīga rupjgraudaina smilts. Slāņa biezums svārstās no 0,2 līdz 0,25 m.
2. slānis – tumši brūna rupjgraudaina smilts ar granti un oļiem. Slāņa biezums ir 0,55 m.

2. pielikums. Parauklaukumu mitruma daudzuma dati pirms laistīšanas.

Smilts – grants karjers „Mazie Kangari” VI laukums, 1. parauglaukums

Laukuma nr.	Mērījumi									Statistiskie dati		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Vidējā aritmētiskā vērtība	Maksimālā vērtība	Minimālā vērtība
1.	14,8	13,7	13,3	13,4	14,6	13,3	13,5	12,3	13,2	12,9	14,8	10,3
2.	13,2	12,8	13,6	13,4	13	14,1	13,9	14,2	13,4			
3.	12,5	12,8	13,9	11,3	11,8	12,5	10,7	10,8	10,3			
4.	14,5	14,1	12,4	12,7	13,4	12,3	11,4	12,1	11,7			

Smilts – grants karjers „Mazie Kangari” VI laukums, 2. parauglaukums

Laukuma nr.	Mērījumi			Statistiskie dati		
	1.	2.	3.	Vidējā aritmētiskā vērtība	Maksimālā vērtība	Minimālā vērtība
1.	11,8	13,2	11,9	16,9	26,2	10,3
2.	12,0	11,8	11,7			
3.	13,0	12,4	12,4			
4.	11,5	11,8	11,6			
5.	12,2	14,6	15,0			
6.	10,3	10,3	11,6			
7.	10,8	10,8	10,6			
8.	17,6	14,9	11,1			
9.	16,0	15,3	19,8			
10.	14,9	20,6	16,4			
11.	14,6	14,1	13,4			
12.	15,2	12,8	17,7			
13.	18,6	18,4	12,4			
14.	23,5	19,8	16,4			
15.	21,3	13,2	18,5			
16.	22,5	15,9	18,5			
17.	18,1	18,7	15,7			
18.	20,7	20,8	17,1			
19.	20,2	22,4	18,4			
20.	18,9	17,8	22,7			
21.	18,1	23,4	23,1			
22.	22,6	23,8	21,7			
23.	22,7	25,2	20,5			
24.	19,1	23,5	26,2			
25.	22,0	21,4	17,4			

Smilts – grants karjers „Mazie Kangari” VI laukums, 3. parauglaukums

Laukuma nr	Mērījumi			Statistiskie dati		
	1.	2.	3.	Vidējā aritmētiskā vērtība	Maksimālā vērtība	Minimālā vērtība
1.	11,5	15,6	19,0	15,2	25,2	9,5
2.	25,2	12,9	13,2			
3.	15,6	18,7	25,1			
4.	18,5	12,5	12,5			
5.	14,9	13,5	12,4			
6.	14,0	13,8	13,0			
7.	18,9	16,8	15,8			
8.	20,4	21,9	20,0			
9.	17,3	18,8	21,2			
10.	19,8	18,4	13,2			
11.	12,0	12,9	12,6			
12.	15,9	17,6	14,1			
13.	12,8	15,6	16,2			
14.	15,2	15,4	14,6			
15.	17,7	18,4	13,5			
16.	18,1	15,4	16,8			
17.	15,5	14,8	15,1			
18.	12,4	14,0	14,3			
19.	12,1	13,0	14,2			
20.	13,0	12,4	11,0			
21.	12,0	9,5	11,0			
22.	12,5	10,8	11,3			
23.	10,3	12,3	14,2			
24.	12,3	12,8	20,7			
25.	18,3	17,2	17,4			

Smilts – grants karjers „Ezeri”, 1. parauglaukums

Laukuma nr.	Mērījumi			Statistiskie dati		
	1.	2.	3.	Vidējā aritmētiskā vērtība	Maksimālā vērtība	Minimālā vērtība
1.	9,8	9,5	9,3	9,5	21,4	5,8
2.	9,0	8,6	8,4			
3.	8,8	7,8	8,1			
4.	6,7	7,7	7,4			
5.	7,3	5,8	6,6			
6.	10,6	13,6	14,7			
7.	10,9	9,1	8,8			
8.	9,4	8,4	7,0			
9.	10,0	9,3	7,1			
10.	10,8	7,1	6,6			
11.	9,0	11,1	16,3			
12.	11,0	11,2	11,6			
13.	9,5	7,9	7,9			
14.	8,8	8,0	7,8			
15.	7,6	8,5	7,3			
16.	15,6	15,6	15,1			
17.	12,4	11,6	10,7			
18.	21,4	16,2	13,2			
19.	7,1	7,1	7,1			
20.	7,4	8,0	7,5			
21.	9,4	12,8	11,0			
22.	8,5	8,0	7,9			
23.	7,8	8,2	8,6			
24.	7,3	7,3	6,9			
25.	7,3	7,5	7,4			

Smilts – grants karjers „Ezeri”, 2. parauglaukums

Laukuma nr.	Mērījumi			Statistiskie dati		
	1.	2.	3.	Vidējā aritmētiskā vērtība	Maksimālā vērtība	Minimālā vērtība
1.	11,5	11,4	11,6	10,0	11,6	8,6
2.	10,6	10,6	10,0			
3.	10,7	10,8	9,1			
4.	9,7	9,9	10,2			
5.	10,1	10,3	9,3			
6.	9,7	9,8	9,8			
7.	9,2	9,2	9,2			
8.	9,9	10,9	10,6			
9.	10,4	10,6	10,4			
10.	10,9	11,5	10,0			
11.	10,2	10,2	10,2			
12.	9,0	11,5	10,2			
13.	9,0	8,6	9,4			
14.	8,6	9,2	9,9			
15.	9,6	11,3	9,9			
16.	10,7	10,2	11,4			
17.	9,4	9,3	9,5			
18.	9,9	10,7	9,6			
19.	9,8	9,6	10,2			
20.	10,0	10,0	10,1			
21.	9,5	9,8	9,3			
22.	9,4	9,2	9,8			
23.	8,6	8,9	9,3			
24.	9,5	10,2	11,1			
25.	10,9	10,7	9,8			

Smilts – grants karjers „Ezeri”, 3. parauglaukums

Laukuma nr.	Mērījumi			Statistiskie dati		
	1.	2.	3.	Videjā vērtība	Maksimālā vērtība	Minimalā vērtība
1.	14,7	15,7	19,9	14,6	31,8	8,1
2.	19,0	21,4	22,9			
3.	19,1	22,1	25,5			
4.	24,7	28,7	26,1			
5.	29,7	26,2	24,1			
6.	15,5	25,0	31,8			
7.	18,7	15,3	21,1			
8.	10,2	19,3	14,3			
9.	10,5	15,0	15,3			
10.	14,9	11,9	10,6			
11.	10,6	10,9	10,4			
12.	10,0	9,7	18,2			
13.	10,5	12,7	15,6			
14.	14,9	19,1	12,3			
15.	12,6	16,8	17,8			
16.	10,7	16,4	14,9			
17.	9,1	10,9	14,4			
18.	9,2	9,4	11,3			
19.	9,5	9,7	8,8			
20.	13,6	10,5	9,9			
21.	9,3	10,3	11,0			
22.	10,3	9,6	9,1			
23.	9,0	8,1	8,7			
24.	8,7	9,4	9,7			
25.	8,1	8,4	8,5			

Smilts – grants karjers „Kurzemnieki”, 2. parauglaukums

Laukuma nr.	Mērījumi			Statistiskie dati		
	1.	2.	3.	Vidējā aritmētiskā vērtība	Maksimālā vērtība	Minimalā vērtība
1.	8,3	8,6	10,2	11,4	16,3	8,3
2.	12,4	12,5	12,9			
3.	11,8	15,5	16,3			
4.	11,5	12,9	11,0			
5.	10,8	10,9	12,3			
6.	12,8	12,3	11,5			
7.	12,7	12,7	13,1			
8.	11,1	12,4	13,5			
9.	11,2	10,7	11,4			
10.	11,9	12,2	10,3			
11.	10,7	10,7	11,1			
12.	9,9	11,4	11,5			
13.	12,0	11,4	11,5			
14.	12,7	12,6	12,3			
15.	12,5	13,0	13,6			
16.	11,8	11,0	11,8			
17.	11,7	11,1	11,0			
18.	10,7	11,5	12,2			
19.	9,5	10,5	11,2			
20.	9,7	9,9	10,7			
21.	8,6	8,5	9,1			
22.	9,7	9,9	11,3			
23.	10,9	10,9	11,6			
24.	10,9	12,6	12,2			
25.	10,8	10,9	10,4			

Smilts – grants karjers „Kurzemnieki”, 3. parauglaukums

Laukuma nr.	Mērījumi			Statistiskie dati		
	1.	2.	3.	Vidējā aritmētiskā vērtība	Maksimālā vērtība	Minimalā vērtība
1.	10,3	10,0	10,8	10,0	13,7	8,0
2.	9,0	10,2	9,6			
3.	9,9	9,8	9,9			
4.	10,0	9,2	8,2			
5.	10,3	9,0	9,3			
6.	9,7	10,3	11,4			
7.	8,9	9,7	9,5			
8.	9,4	10,9	10,0			
9.	10,2	10,5	9,2			
10.	9,8	8,4	9,0			
11.	9,3	10,3	9,8			
12.	10,8	10,1	10,2			
13.	11,5	10,6	9,3			
14.	12,5	10,5	10,5			
15.	9,9	9,1	10,8			
16.	8,7	9,9	10,3			
17.	8,0	9,3	9,0			
18.	10,3	11,0	11,4			
19.	9,0	10,2	10,4			
20.	9,2	13,7	10,9			
21.	11,3	10,9	11,4			
22.	10,1	10,7	9,5			
23.	9,0	9,9	8,2			
24.	10,2	11,0	10,0			
25.	10,0	9,7	10,6			

Smilts – grants karjers „Kurzemnieki”, 4. parauglaukums

Laukuma nr.	Mērījumi			Statistiskie dati		
	1.	2.	3.	Vidējā aritmētiskā vērtība	Maksimālā vērtība	Minimālā vērtība
1.	24,4	24,0	25,5	26,4	30,3	20,6
2.	26,5	26,2	27,2			
3.	27,6	27,0	26,8			
4.	25,9	26,4	25,9			
5.	26,5	27,6	25,6			
6.	25,0	30,3	28,4			
7.	28,6	27,8	29,5			
8.	27,5	27,8	27,1			
9.	25,6	26,6	27,9			
10.	25,4	24,2	25,1			
11.	24,0	28,5	28,0			
12.	27,7	29,1	29,3			
13.	27,5	27,7	27,5			
14.	25,0	24,6	24,9			
15.	27,1	28,2	26,6			
16.	26,4	25,4	27,2			
17.	26,9	27,4	26,7			
18.	27,2	28,0	25,7			
19.	27,3	27,1	25,6			
20.	26,1	26,0	25,7			
21.	25,3	26,2	23,2			
22.	25,9	27,6	29,4			
23.	27,0	28,1	22,9			
24.	28,8	23,8	20,6			
25.	28,5	21,0	20,8			

3. pielikums. Parauglaukumu mitruma daudzuma dati pēc laistīšanas.

Smilts – grants karjers „Mazie Kangari” VI laukums, 1. parauglaukums

Laukuma nr.	Laiks, h																				
	13:00	13:03	13:06	13:09	13:12	13:15	13:20	13:25	13:30	13:35	13:40	13:45	13:50	13:55	14:00	14:05	14:10	14:15	14:20	14:25	14:30
1.	22,3	21,8	22	18,7	23,9	21,2	21,3	19,1	19,9	21,8	19,7	18,2	18,1	18,4	20	19,6	18,8	17,3	18,4	20	16,9
2.	23,1	22,1	19,4	21,9	21,8	20,8	19,8	19,6	16	20,6	19,9	17,4	19,5	18,6	16,9	18,2	18,2	17,6	18,3	17,7	16,5
3.	21,9	25,5	24,5	19,7	20,1	23	13,2	14,4	13,9	20,2	20,2	21,7	14,9	15,8	17,2	19,3	19,5	19,6	15,4	18,7	17,8
4.	27,8	22,3	16,1	23,2	24,7	19,4	17,9	17,2	13,8	23,2	19,6	16,5	17,7	16,8	14,4	21,9	19,8	16,1	19,1	19,4	15,9
Vidējā aritmētiskā vērtība	23,8	22,9	20,5	20,9	22,6	21,1	18,1	17,6	15,9	21,5	19,9	18,5	17,6	17,4	17,1	19,8	19,1	17,7	17,8	19,0	16,8
Maksimālā vērtība	27,8	25,5	24,5	23,2	24,7	23,0	21,3	19,6	19,9	23,2	20,2	21,7	19,5	18,6	20,0	21,9	19,8	19,6	19,1	20,0	17,8
Minimālā vērtība	21,9	21,8	16,1	18,7	20,1	19,4	13,2	14,4	13,8	20,2	19,6	16,5	14,9	15,8	14,4	18,2	18,2	16,1	15,4	17,7	15,9

Smilts – grants karjers „Mazie Kangari” VI laukums, 2. parauglaukums

Laiks, h									
Laukuma nr.	13:26	13:41	13:56	14:11	14:26	14:41	14:56	15:11	15:26
1.	21,4	23,9	21,0	20,9	22,1	21,1	22,4	19,7	18,0
2.	27,0	28,3	25,9	25,1	21,7	22,0	21,1	21,3	18,9
3.	26,3	23,2	23,0	20,9	21,2	21,5	21,5	21,4	18,7
4.	25,3	23,7	20,1	20,5	20,2	19,6	19,5	19,0	17,3
5.	22,5	23,9	23,1	23,4	21,1	24,5	26,9	19,6	20,0
6.	22,5	20,4	21,6	21,8	20,1	18,2	21,5	16,8	17,3
7.	25,3	24,8	22,4	21,2	16,4	20,9	25,3	19,3	21,3
8.	28,3	25,0	19,3	20,0	23,0	23,0	22,4	19,1	22,9
9.	22,0	23,6	22,1	21,8	25,2	28,8	24,1	22,8	18,6
10.	28,7	29,7	26,6	22,0	25,4	16,1	26,4	18,3	23,0
11.	19,8	20,1	21,4	21,8	20,5	24,7	22,5	19,2	22,8
12.	24,3	24,1	24,4	20,1	19,9	19,6	19,2	22,3	27,0
13.	27,0	30,2	28,3	25,7	25,8	25,3	20,5	21,8	25,3
14.	25,9	20,7	19,2	22,6	28,1	29,2	16,9	22,8	21,3
15.	22,7	20,3	21,2	21,6	22,5	25,1	22,6	26,1	23,5
16.	25,2	25,1	26,1	22,9	20,6	19,0	19,6	24,4	19,5
17.	25,1	25,5	23,8	20,8	22,7	21,9	22,4	21,8	26,0
18.	28,3	25,6	22,6	24,7	28,5	23,9	24,1	27,6	21,3
19.	28,7	29,4	28,6	23,9	28,5	25,0	25,2	26,7	23,3
20.	27,5	27,9	28,2	28,7	22,5	19,6		19,0	23,7
21.	29,3	30,2	29,3	28,9	23,2	27,4	26,6	21,8	27,3
22.	25,6	21,9	24,3	25,0	25,1	27,3	29,9	26,7	27,8
23.	30,0	33,0	31,3	26,6	25,2	30,2	28,4	28,1	28,3
24.	27,7	30,8	32,0	32,9	25,5	30,3	30,2	23,1	28,8
25.	26,8	23,1	21,2	23,6	28,3	26,9	25,0	24,6	26,7
Vidējā aritmētiskā vērtība	25,7	25,4	24,3	23,5	23,3	23,6	23,5	22,1	22,7
Maksimālā vērtība	30,0	33,0	32,0	32,9	28,5	30,3	30,2	28,1	28,8
Minimālā vērtība	19,8	20,1	19,2	20,0	16,4	16,1	16,9	16,8	17,3

Smilts – grants karjers „Mazie Kangari” VI laukums, 3. parauglaukums

Laukuma nr.	Laiks, h								
	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15
1.	21,1	17,6	14,2	18,1	19,2	17,8	20,3	16,0	22,3
2.	23,9	19,6	20,6	16,7	19,2	21,5	15,9	17,6	23,0
3.	19,3	25,2	21,0	31,6	31,1	25,0	27,7	27,1	25,4
4.	22,7	26,5	27,2	18,2	20,4	17,9	17,4	17,1	17,2
5.	18,3	20,5	17,1	17,0	18,1	18,0	15,5	15,2	16,0
6.	20,8	17,4	18,7	13,8	15,1	17,1	16,8	14,5	15,6
7.	27,1	25,5	26,8	23,2	24,2	23,1	19,7	19,6	21,0
8.	30,7	35,1	31,9	27,4	31,1	27,8	26,4	22,3	24,9
9.	26,9	28,9	31,4	26,0	27,9	30,2	28,2	31,6	21,1
10.	17,1	21,4	26,6	20,4	21,5	23,8	20,5	23,5	20,6
11.	25,0	22,4	20,0	24,5	24,3	24,9	20,5	26,6	24,6
12.	33,5	32,0	29,0	26,7	30,9	29,4	24,8	27,0	25,3
13.	31,2	28,6	22,3	26,7	23,7	21,7	22,0	20,8	20,4
14.	26,4	29,6	28,3	25,3	29,4	22,4	19,9	20,7	22,1
15.	19,6	23,7	23,3	16,6	20,3	21,1	13,8	15,7	16,2
16.	25,9	22,9	23,3	19,6	20,6	20,2	19,7	17,3	17,0
17.	32,6	30,1	30,2	26,1	26,5	24,3	21,9	24,9	24,8
18.	21,7	26,3	27,8	24,4	27,2	27,8	21,8	25,0	24,4
19.	29,1	26,0	23,5	24,2	29,4	24,1	22,9	25,7	25,1
20.	20,5	17,7	19,0	20,1	19,6	19,6	22,2	21,2	15,9
21.	18,7	20,0	18,6	19,8	19,8	18,6	22,0	19,4	17,0
22.	25,1	26,1	25,2	21,4	22,0	20,1	23,5	21,0	16,3
23.	25,5	20,9	15,3	27,3	20,6	17,2	27,0	18,6	15,7
24.	34,9	23,3	20,1	24,7	21,9	17,4	21,2	23,2	16,7
25.	25,6	23,3	20,7	20,8	21,0	20,2	18,4	20,2	23,4
Vidējā aritmētiskā vērtība	24,9	24,4	23,3	22,4	23,4	22,0	21,2	21,3	20,5
Maksimālā vērtība	34,9	35,1	31,9	31,6	31,1	30,2	28,2	31,6	25,4
Minimālā vērtība	17,1	17,4	14,2	13,8	15,1	17,1	13,8	14,5	15,6

Smilts – grants karjers „Ezeri”, 1. parauglaukums

Laukuma nr.	Laiks, h								
	12:40	12:55	13:10	13:25	13:40	13:55	14:10	14:25	14:40
1.	13,0	13,2	12,9	16,5	17,8	14,2	14,1	16,2	15,4
2.	20,6	21,5	21,8	22,3	16,3	16,2	12,0	16,2	19,6
3.	13,0	20,5	23,0	10,5	19,0	18,9	11,0	13,1	16,5
4.	20,2	20,9	10,6	16,0	17,1	17,9	13,0	10,2	14,6
5.	14,6	12,5	16,6	12,1	10,5	11,8	9,3	15,0	10,5
6.	21,2	17,9	16,0	17,8	25,0	16,7	15,4	8,6	18,7
7.	18,9	25,6	22,6	16,4	20,8	19,1	17,3	15,6	15,5
8.	23,7	21,1	19,7	19,5	16,4	22,5	15,0	14,8	15,3
9.	17,3	20,6	21,2	13,4	16,2	18,3	12,8	13,4	26,1
10.	14,3	17,1	19,6	12,7	14,7	13,7	10,3	16,1	10,5
11.	19,8	16,4	16,2	20,5	21,4	18,4	21,3	11,0	17,9
12.	30,2	26,9	23,5	21,6	20,6	20,1	21,2	21,1	17,2
13.	23,8	23,5	18,5	26,2	19,9	23,4	15,7	19,6	17,3
14.	16,9	18,3	19,8	21,2	18,4	16,0	16,9	16,4	14,6
15.	25,1	20,0	20,3	14,9	15,3	24,7	13,7	16,7	14,9
16.	15,9	24,5	24,4	26,9	27,3	19,5	24,6	15,8	15,9
17.	24,3	27,4	25,1	21,9	20,9	19,6	16,2	24,2	17,6
18.	19,1	19,4	23,7	15,3	17,8	20,2	20,0	18,2	12,1
19.	18,7	15,4	11,8	15,2	13,9	13,5	15,0	19,6	14,0
20.	22,4	22,7	18,3	19,0	19,8	17,1	17,8	15,8	12,2
21.	24,0	16,3	14,3	32,9	21,6	13,2	16,4	14,2	16,2
22.	23,1	16,6	19,4	18,3	10,4	12,8	17,3	16,0	9,4
23.	18,4	14,4	14,4	16,9	15,3	11,8	16,0	13,8	10,3
24.	15,5	17,0	11,6	13,1	14,3	14,3	17,2	12,2	11,2
25.	15,1	20,0	15,0	14,2	16,5	15,2	16,4	15,5	14,6
Vidējā aritmētiskā vērtība	19,6	19,6	18,4	18,2	17,9	17,2	15,8	15,6	15,1
Maksimālā vērtība	30,2	27,4	25,1	32,9	27,3	24,7	24,6	24,2	26,1
Minimālā vērtība	13,0	12,5	10,6	10,5	10,4	11,8	9,3	8,6	9,4

Smilts – grants karjers „Ezeri”, 2. parauglaukums

Laukuma nr.	Laiks, h								
	15:20	15:35	15:50	16:05	16:20	16:35	16:50	17:05	17:20
1.	31,1	25,9	21,5	25,6	24,0	22,6	21,9	21,5	21,7
2.	44,0	26,1	25,6	23,1	19,1	18,4	23,2	19,3	16,2
3.	41,9	22,1	19,0	19,8	18,7	17,7	18,8	14,8	16,1
4.	24,7	19,1	18,2	18,2	19,1	16,6	18,7	14,3	14,5
5.	16,5	16,9	16,3	13,2	14,9	14,6	12,3	12,7	12,7
6.	18,4	19,2	20,6	15,2	16,9	13,8	14,5	13,2	12,9
7.	23,9	18,7	15,7	18,4	21,4	17,9	18,1	17,1	14,5
8.	17,5	16,8	16,5	14,0	15,4	12,8	15,7	14,3	14,2
9.	28,7	24,2	17,8	17,3	23,1	19,9	15,2	18,7	16,4
10.	18,8	19,0	17,9	18,1	18,6	18,2	19,8	16,6	13,9
11.	19,4	20,4	17,6	19,9	18,5	16,7	14,9	15,9	13,8
12.	23,1	15,8	19,3	19,6	13,6	12,0	18,8	17,6	15,3
13.	26,6	22,4	19,4	19,8	20,3	20,4	18,5	20,2	19,2
14.	16,6	22,6	21,4	13,0	14,4	16,3	13,6	14,5	14,6
15.	15,6	10,4	10,8	10,6	11,7	11,6	11,6	12,2	11,6
16.	13,0	12,2	12,9	13,4	11,8	19,1	16,3	15,9	14,2
17.	15,4	11,8	13,0	20,5	16,3	11,0	19,4	10,4	11,1
18.	24,8	24,1	18,6	22,4	20,5	17,5	18,9	19,3	18,6
19.	22,8	11,4	12,2	12,2	10,0	11,7	10,9	17,9	16,7
20.	17,6	20,2	19,3	13,7	17,7	12,1	12,5	12,4	11,6
21.	12,4	14,4	14,5	12,4	13,0	13,0	13,0	12,3	11,2
22.	15,1	16,1	14,6	12,3	12,1	13,5	12,2	14,1	12,9
23.	12,8	13,2	13,8	17,6	12,4	12,4	11,9	12,1	12,0
24.	12,1	13,7	18,5	13,1	13,0	14,5	13,2	13,8	14,2
25.	14,8	16,2	14,7	18,8	17,1	17,0	16,1	15,9	12,9
Vidējā aritmētiskā vērtība	21,1	18,1	17,2	16,9	16,5	15,7	16,0	15,5	14,5
Maksimālā vērtība	44,0	26,1	25,6	25,6	24,0	22,6	23,2	21,5	21,7
Minimālā vērtība	12,1	10,4	10,8	10,6	10,0	11,0	10,9	10,4	11,1

Smilts – grants karjers „Ezeri”, 3. parauglaukums

Laukuma nr.	Laiks, h								
	18:15	18:30	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15
1.	24,3	25,0	25,9	24,0	24,4	19,7	22,5	20,1	27,8
2.	29,9	26,4	25,6	25,9	27,0	27,4	27,8	20,8	24,1
3.	27,1	21,3	24,1	29,9	29,2	25,9	29,4	26,7	24,2
4.	33,6	32,7	29,7	29,4	33,5	29,3	22,0	30,7	26,4
5.	22,7	34,5	33,0	32,6	32,7	32,8	27,9	31,5	32,6
6.	35,5	26,9	24,9	34,2	31,9	25,2	31,6	36,8	30,0
7.	25,7	22,6	28,0	22,3	23,3	28,1	26,9	26,0	26,0
8.	26,7	24,1	15,2	25,8	25,2	23,8	20,5	21,7	24,6
9.	27,9	26,0	26,5	25,2	25,5	26,2	26,3	27,2	24,7
10.	20,7	24,4	24,0	26,8	22,3	22,3	22,3	23,0	21,5
11.	20,5	24,7	22,0	23,8	21,6	20,5	19,2	16,7	20,6
12.	27,9	24,5	22,9	25,4	24,6	22,1	25,7	21,7	24,3
13.	24,6	25,8	29,4	27,7	22,1	25,8	21,9	19,3	22,3
14.	28,1	24,2	23,6	22,9	26,3	30,3	20,2	24,5	27,9
15.	26,6	22,4	23,2	25,8	23,2	25,1	28,7	14,3	18,4
16.	28,3	28,8	24,8	29,4	29,3	21,7	22,8	23,6	22,2
17.	29,8	25,5	20,4	28,4	23,3	19,9	26,3	20,7	17,3
18.	26,9	24,3	21,6	23,4	20,6	20,0	22,1	19,2	17,7
19.	25,3	28,2	25,9	22,0	22,0	22,1	19,5	19,7	19,1
20.	24,6	27,8	26,1	22,5	23,3	23,5	22,0	21,5	20,7
21.	23,5	15,4	13,5	24,1	18,7	12,5	23,8	17,5	10,5
22.	31,2	26,8	18,5	24,7	20,1	17,7	19,4	15,9	14,8
23.	23,8	20,7	16,3	20,1	15,8	14,0	15,5	17,0	13,4
24.	23,6	23,1	16,4	22,1	20,6	15,0	17,6	15,9	12,7
25.	22,3	16,9	15,3	16,9	15,6	13,8	15,4	12,5	11,6
Vidējā aritmētiskā vērtība	26,4	24,9	23,1	25,4	24,1	22,6	23,1	21,8	21,4
Maksimālā vērtība	35,5	34,5	33,0	34,2	33,5	32,8	31,6	36,8	32,6
Minimālā vērtība	20,5	15,4	13,5	16,9	15,6	12,5	15,4	12,5	10,5

Smilts – grants karjera „Kurzemnieki”, 2. parauglaukums

Laukuma nr.	Laiks, h								
	9:54	10:09	10:24	10:39	10:54	11:09	11:24	11:39	11:54
1.	15,7	12,0	13,2	13,6	10,6	11,2	9,9	9,2	9,5
2.	18,8	12,3	13,9	13,9	12,6	12,7	12,0	12,2	12,2
3.	16,3	16,9	14,8	14,4	13,7	11,5	14,1	14,6	14,1
4.	18,4	13,3	12,1	13,5	12,6	11,1	10,5	12,8	11,8
5.	17,8	12,5	13,2	12,0	11,3	10,4	10,6	11,1	12,5
6.	20,0	14,5	12,1	12,0	12,1	12,9	12,1	12,0	12,7
7.	16,4	13,4	13,4	12,9	12,3	13,2	12,2	12,2	12,6
8.	17,7	12,8	12,5	12,1	12,7	10,2	12,0	12,1	12,0
9.	15,9	13,9	13,1	15,5	12,9	10,7	12,2	12,0	11,8
10.	12,4	11,2	12,7	11,0	10,1	12,9	9,9	14,7	13,1
11.	16,1	12,9	13,2	13,7	11,1	11,0	11,3	10,3	11,2
12.	19,3	12,4	12,2	11,5	11,5	11,0	10,3	10,4	10,9
13.	15,2	12,2	11,9	12,0	11,5	10,2	11,0	11,8	12,8
14.	12,2	14,5	13,1	13,2	13,0	13,9	12,2	13,2	13,3
15.	17,5	16,2	14,0	14,1	13,7	11,4	11,9	12,9	12,8
16.	15,8	13,8	12,8	12,7	12,9	12,3	11,7	11,4	12,4
17.	17,2	15,4	15,9	11,8	10,3	11,0	11,5	11,0	11,5
18.	16,7	13,2	13,9	11,7	12,1	11,8	12,3	10,7	12,0
19.	16,4	14,7	11,5	12,2	11,0	11,9	11,1	10,3	10,0
20.	18,9	13,5	12,4	12,0	11,2	10,8	11,0	10,7	10,6
21.	14,7	13,4	10,8	11,6	10,3	9,9	10,6	10,1	9,4
22.	17,5	14,5	14,3	13,5	12,0	11,2	11,6	10,9	9,9
23.	19,5	14,5	13,5	14,3	12,9	11,1	12,9	11,7	11,5
24.	22,2	19,3	15,5	14,7	11,3	11,0	12,2	12,7	12,0
25.	20,1	16,8	14,7	14,2	13,4	11,4	11,6	11,8	12,8
Vidējā aritmētiskā vērtība	17,1	14,0	13,2	13,0	12,0	11,5	11,5	11,7	11,8
Maksimālā vērtība	22,2	19,3	15,9	15,5	13,7	13,9	14,1	14,7	14,1
Minimālā vērtība	12,2	11,2	10,8	11,0	10,1	9,9	9,9	9,2	9,4

Smilts – grants karjera „Kurzemnieki”, 3. parauglaukums

Laukuma nr.	Laiks, h										
	9:20	9:35	9:50	10:05	10:20	10:35	10:50	11:05	11:20	11:35	11:50
1.	22,6	13,4	14,3	12,3	13,8	13,4	12,9	13,8	14,0	12,7	13,0
2.	20,7	13,3	14,9	13,7	12,7	11,9	13,2	12,4	11,4	10,9	11,9
3.	19,7	15,0	15,1	14,0	13,0	13,5	12,4	11,9	13,0	12,8	12,6
4.	19,1	14,4	14,7	14,1	13,4	14,0	13,6	12,3	12,5	11,8	11,0
5.	20,2	16,7	12,9	12,0	12,7	12,6	13,9	12,0	12,3	10,7	12,3
6.	20,4	15,8	15,6	12,8	10,9	11,4	11,6	13,2	12,4	12,4	11,8
7.	21,5	13,9	14,2	13,7	13,7	12,4	10,9	11,6	13,1	13,0	11,4
8.	20,8	14,9	12,0	13,4	11,8	12,0	12,4	12,4	11,8	12,8	12,7
9.	19,3	15,9	12,5	12,0	14,0	13,7	12,8	13,0	11,3	11,4	12,7
10.	20,8	16,2	14,9	13,8	11,2	14,6	13,6	11,9	12,1	12,8	10,9
11.	19,6	16,0	13,5	14,0	13,4	11,7	12,0	13,5	12,6	11,4	11,2
12.	21,7	14,4	16,9	14,2	12,6	11,4	12,3	12,8	13,0	12,8	12,0
13.	20,5	17,2	15,8	13,7	14,0	12,4	11,7	11,3	12,7	13,2	12,3
14.	21,4	15,6	15,5	12,8	13,1	13,8	11,8	12,6	12,8	12,0	11,4
15.	20,3	19,6	14,1	14,6	14,2	14,2	12,5	12,4	11,4	10,8	11,1
16.	21,0	13,5	13,0	13,4	15,2	12,8	13,6	13,6	12,0	11,3	12,7
17.	19,8	17,3	13,8	12,3	12,9	12,4	12,6	11,0	12,9	11,9	10,6
18.	20,1	14,0	14,7	13,6	13,8	12,9	11,8	11,9	13,2	12,1	12,1
19.	20,8	17,1	13,3	13,9	12,4	13,8	12,9	12,7	11,0	11,7	11,9
20.	23,1	17,2	15,3	14,3	13,0	12,6	13,0	13,4	12,1	11,8	12,5
21.	18,4	14,8	15,2	14,2	12,5	11,8	13,3	14,6	12,0	11,8	12,0
22.	19,2	16,7	12,7	13,1	14,9	14,6	12,5	11,9	11,7	10,9	11,1
23.	18,6	13,6	14,6	14,0	13,9	13,9	13,2	12,0	12,8	13,4	11,6
24.	20,8	15,1	13,0	13,2	14,2	12,4	12,0	13,2	11,0	11,5	11,9
25.	22,9	17,9	14,7	14,5	11,7	12,8	12,9	11,8	12,4	11,8	11,3
Vidējā aritmētiskā vērtība	20,5	15,6	14,3	13,5	13,2	12,9	12,6	12,5	12,3	12,0	11,8
Maksimālā vērtība	23,1	19,6	16,9	14,6	15,2	14,6	13,9	14,6	14,0	13,4	13,0
Minimālā vērtība	18,4	13,3	12,0	12,0	10,9	11,4	10,9	11,0	11,0	10,7	10,6

Smilts – grants karjera „Kurzemnieki”, 4. parauglaukums

Laukuma nr.	Laiks, h														
	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45
1.	33,1	32,1	29,8	28,0	28,8	28,9	27,0	27,2	28,0	28,2	27,2	26,7	27,3	25,6	26,9
2.	34,4	30,7	27,8	28,3	26,9	27,3	27,6	28,0	30,0	26,6	28,1	27,1	30,2	29,5	26,3
3.	35,8	28,3	32,0	27,3	27,4	29,4	27,4	28,7	29,7	29,4	28,7	28,1	26,4	27,4	29,8
4.	31,7	30,9	33,0	29,4	29,3	28,7	29,7	29,5	30,1	29,2	29,8	30,8	27,5	28,0	25,5
5.	32,8	33,9	31,9	31,6	30,3	27,8	29,5	31,9	29,3	31,2	31,5	29,0	28,4	29,0	27,2
6.	29,0	32,9	33,4	32,0	31,6	28,5	28,7	30,2	29,9	28,6	29,4	28,6	28,0	27,5	27,0
7.	31,2	32,6	30,1	30,8	28,7	32,2	31,0	29,3	29,4	29,2	28,2	27,7	28,2	27,7	26,3
8.	32,4	30,4	30,1	30,3	31,8	28,9	31,2	30,2	27,3	32,0	30,9	28,9	27,6	28,0	27,0
9.	33,1	31,8	29,3	30,3	30,8	28,0	27,8	31,3	27,7	26,5	27,8	29,4	26,9	26,6	25,9
10.	35,5	31,3	28,5	30,8	30,8	27,5	30,0	31,3	31,0	29,8	27,4	29,2	27,1	28,9	26,3
11.	31,3	31,8	29,6	31,9	31,7	31,2	30,6	30,8	29,2	29,0	28,6	29,8	28,3	27,3	25,4
12.	32,3	30,7	29,4	30,5	30,2	31,7	30,6	28,3	29,6	30,3	28,4	28,8	27,2	29,4	27,1
13.	34,7	31,9	29,8	28,6	29,4	28,6	30,3	30,0	30,9	28,6	27,2	30,0	29,1	25,8	28,1
14.	33,7	30,9	28,0	27,9	28,7	29,6	29,1	27,0	28,6	28,2	29,0	29,2	28,3	27,4	24,9
15.	35,8	30,6	31,1	28,6	28,5	29,2	29,0	29,0	29,6	27,9	30,0	28,4	27,0	26,5	26,0
16.	33,5	30,0	31,8	29,6	28,5	27,6	30,2	30,6	28,6	27,0	26,9	28,0	28,0	25,4	26,2
17.	33,4	29,8	30,1	26,3	30,0	27,0	30,0	30,9	29,0	30,4	28,7	26,5	27,5	29,0	28,7
18.	31,9	31,7	30,3	30,4	30,4	28,2	31,8	28,0	30,1	27,3	30,2	28,9	28,4	27,3	25,7
19.	31,4	32,5	28,3	28,3	30,3	32,7	29,4	30,5	28,5	29,7	27,5	27,7	26,7	26,0	27,3
20.	33,9	31,7	31,3	29,9	30,7	29,5	30,4	29,0	29,4	29,3	29,8	27,9	29,0	25,2	26,8
21.	32,1	31,9	30,5	28,1	27,6	28,9	31,8	26,3	29,8	27,8	26,3	27,0	27,1	24,6	27,1
22.	35,4	30,4	28,5	27,6	30,5	29,4	25,9	31,9	28,5	26,4	30,9	28,0	28,5	26,8	27,6
23.	36,4	28,8	30,6	29,8	29,6	29,1	30,4	29,2	32,0	31,6	29,7	28,2	28,2	27,7	27,5
24.	32,2	30,2	30,4	29,9	30,9	29,4	28,8	27,8	32,9	30,7	26,7	28,4	27,9	26,5	26,4
25.	33,4	32,8	31,9	31,5	29,0	30,0	28,3	28,4	28,7	29,6	28,4	27,0	26,8	27,1	27,8
Vidējā aritmētiskā vērtība	33,2	31,2	30,3	29,5	29,7	29,2	29,5	29,4	29,5	29,0	28,7	28,4	27,8	27,2	26,8
Maksimālā vērtība	36,4	33,9	33,4	32,0	31,8	32,7	31,8	31,9	32,9	32,0	31,5	30,8	30,2	29,5	29,8
Minimālā vērtība	29,0	28,3	27,8	26,3	26,9	27,0	25,9	26,3	27,3	26,4	26,3	26,5	26,4	24,6	24,9

4. pielikums. Mitruma daudzuma dati parauglaukumiem, kas netika laistīti

Māla karjers „Progress”, 1. slānis

	Laiks, h				
	12:40	13:10	14:10	15:10	16:10
Mērījumi	50,8	51,9	48,9	50,9	49,7
	50,3	51,1	50,5	50,3	49,8
	50,0	50,7	50,3	50,4	51,3
	52,0	51,1	50,2	50,5	51,4
	52,3	50,9	50,5	50,9	51,7
	51,2	50,6	50,3	49,5	50,4
	52,1	53,6	50,8	50,4	50,8
Vidējā aritmētiskā vērtība	51,2	51,4	50,2	50,4	50,7
Maksimālā vērtība	52,3	53,6	50,8	50,9	51,7
Minimālā vērtība	50,0	50,6	48,9	49,5	49,7

Māla karjers „Progress”, 2. slānis

	Laiks, h				
	12:40	13:10	14:10	15:10	16:10
Horizontālā virsmā veiktie mērījumi	32,3	35,3	34,3	34,6	
	33,8	33,9	34,7	35,6	
	34,9	33,8			
	34,2	33,5			
	34,9	32,1			
	34,5	35,0			
	34,5	34,6			
Vertikālā virsmā veiktie mērījumi	33,3	34,2	34,8	32,9	32,0
	32,0	32,9	33,9	31,6	33,8
	33,8	35,2	34,2	32,3	34,6
	32,2	34,0	33,5	34,7	33,6
	30,8	33,4	33,8	33,4	32,9
	30,4	32,7	33,6	33,0	33,5
	33,9	35,4	31,8	31,9	32,7
	31,2	32,1	35,1	34,2	31,0
	32,8	34,3	31,9	31,0	29,5
	31,6	31,9	33,7	31,8	29,9
	31,5	29,9	31,8	29,7	30,8
	29,8	29,2	31,5	28,8	29,9
			29,7		
Vidējā aritmētiskā vērtība	32,8	33,3	33,5	32,3	32,0
Maksimālā vērtība	34,9	35,4	35,1	35,6	34,6
Minimālā vērtība	29,8	29,2	31,5	28,8	29,5

Smilts – grants karjers „Kurzemnieki”, 1. parauglaukums

	Laiks, h																			
	6:00	6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:15	11:45	12:15	12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15
Mitruma daudzums (%)	14,5	10,0	8,6	9,7	9,2	8,8	12,3	9,7	10,1	11,1	9,8	8,5	11,6	8,5	9,7	8,8	11,1	10,8	9,2	8,9
	14,1	11,0	7,0	9,5	11,8	12,2	11,5	11,1	11,6	11,7	13,3	11,3	12,3	13,5	10,2	9,9	13,1	11,6	12,8	12,6
	14,5	14,3	13,9	12,1	14,1	14,5	11,4	14,6	11,4	9,5	10,6	10,8	11,7	10,9	11,4	14,7	11,5	12,4	10,9	11,2
	11,2	11,5	6,9	15,5	10,1	10,4	10,9	9,8	9,5	11,5	10,7	14,1	10,7	10,9	10,1	10,7	11,5	10,1	12,5	10,5
	10,0	10,0	9,2	10,2	9,7	10,1	11,3	10,1	9,4	14,9	14,3	10,0	11,3	10,9	12,3	10,8	12,7	10,8	10,3	11,4
	15,6	13,4	9,2	12,2	10,2	11,6	12,2	10,9	13,0	12,8	11,7	12,1	11,1	10,3	10,4	12,5	12,2	10,7	10,5	11,0
	9,5	14,0	11,7	10,7	15,7	11,3	11,3	11,0	11,5	11,5	11,6	11,0	12,5	12,4	9,6	12,0	11,6	13,2	10,7	10,5
	11,4	11,2	14,8	9,4	10,7	12,8	9,8	11,1	10,2	13,6	11,3	12,2	11,1	11,3	11,7	11,6	11,6	13,7	9,2	10,9
	13,9	10,6	12,2	10,9	11,1	12,7	11,9	12,6	11,8	14,4	10,2	10,6	15,0	12,0	11,4	12,2	12,2	13,4	9,9	11
	12,1	11,8	13,8	11,1	11,2	13,1	9,3	12,4	10,1	12,6	10,2	16,1	11,9	11,1	10,5	13,3	11,6	12,5	13	11,2
	12,7	11,0	10,5	9,4	13,8	13,1	10,3	11,9	11,0	12,9	11,4	10,1	11,5	11,9	10,7	11,9	13,8	11,3	11,6	11
	11,6	12,4	12,0	10,2	13,1	10,9	8,3	15,9	9,8	20,7	13,7	14,4	13,6	12,1	9,2	10,3	17,0	11,7	9	10,8
	10,4	13,9	13,2	10,8	12,8	12,3	12,3	13,7	14,5	12,2	14,5	14,6	12,8	15,5	16,5	14,1	13,5	12,8	10,9	11,6
	13,2	11,9	8,5	10,0	11,4	13,2	10,3	12,8	11,5	12,7	13,1	12,5	11,8	11,0	11,3	12,8	14,0	12,5	10,9	9,2
	12,9	12,8	12,0	8,9	12,4	10,0	8,9	10,0	9,8	12,5	9,6	10,9	10,1	9,5	9,5	10,4	10,2	10,9	12,8	10
	9,6	8,0	13,6	14,2	14,6	12,5	15,3	10,2	14,4	10,9	17,5	11,3	19,4	11,4	12,5	9,5	17,3	12,3	12,6	10,4
	14,5	13,0	11,9	12,6	12,0	10,0	8,6	10,4	11,4	9,7	12,0	18,9	12,5	11,5	11,3	13,4	12,2	11,3	10,1	12,3
	12,3	7,9	14,8	13,7	11,5	18,7	11,6	11,0	12,9	13,4	16,3	15,9	14,6	15,5	10,9	17,4	15,0	20,5	13,5	12,9
	11,8	13,9	9,4	18,1	12,9	10,7	15,6	11,2	12,2	12,3	14,0	13,5	17,3	14,4	12,8	20,9	17,2	9,6	16,5	11,4
	13,2	10,8	10,0	16,7	11,2	12,0	13,7	11,7	11,2	11,5	13,6	11,1	14,6	15,6	13,9	13,8	15,0	14,8	12,7	13,6
10,9	8,9	9,6	12,0	9,8	11,2	12,5	12,6	11,6	12,4	11,0	13,4	13,2	13,0	10,5	14,9	11,4	13,8	12,9	10,1	
12,5	10,4	12,0	19,5	18,7	11,2	13,4	19,7	18,1	15,4	13,4	13,1	15,5	14,8	13,2	14,2	17,6	15,7	9,4	10,7	
13,6	11,2	11,2	11,1	12,7	14,2	10,6	8,0	12,9	12,0	14,3	11,7	12,1	16,3	15,8	12,8	11,8	12,3	15,2	13	
13,0	15,8	11,3	11,2	11,6	12,7	11,1	10,1	10,4	9,2	10,3	11,5	12,2	15,3	10,4	11,3	12,2	8,9	9,5	10,8	
12,9	10,1	7,2	8,9	12,9	9,8	9,4	12,6	10,1	12,4	10,1	9,4	10,6	15,5	10,6	14,8	10,7	10,0	10	10,5	
Vidējā aritmētiskā vērtība	12,5	11,6	11,0	11,9	12,2	12,0	11,4	11,8	11,6	12,6	12,3	12,4	12,8	12,6	11,5	12,8	13,1	12,3	11,5	11,1
Maksimālā vērtība	15,6	15,8	14,8	19,5	18,7	18,7	15,6	19,7	18,1	20,7	17,5	18,9	19,4	16,3	16,5	20,9	17,6	20,5	16,5	13,6
Minimālā vērtība	9,5	7,9	6,9	8,9	9,2	8,8	8,3	8,0	9,4	9,2	9,6	8,5	10,1	8,5	9,2	8,8	10,2	8,9	9,0	8,9

Smilts – grants karjers „Kurzemnieki” 2. parauglaukums

	Laiks, h																
	6:50	7:20	7:50	8:20	8:50	9:20	9:50	10:20	10:50	11:20	11:50	12:20	12:50	13:20	13:50	14:20	14:50
Mitruma daudzums (%)	8	8,5	8,6	8,5	8,2	8,7	8,7	9	9,4	8,5	8,6	9,7	7,9	8,9	9,2	9,7	9,5
	9,4	12,6	12,8	11,4	14,3	13,6	13,8	16,2	14,5	15,4	15,2	13,2	11,4	13,7	14,3	11,7	13,6
	14	16,2	12,4	14,7	13,8	12,4	14,8	13,7	13,3	15,2	12,9	13,2	12,8	12,2	15,2	11,8	14,3
	12,3	12,7	12	11,3	11,7	9,4	10,9	11,4	10,7	11,2	10	10	9,7	9,1	9,3	9,7	8,7
	9,9	10,1	10,2	9,8	8,7	8,8	8,8	8	10,5	8,9	8,8	9,6	9,2	9,3	8,9	9,3	8,9
	10,4	10	11,7	10,5	10,6	10,7	9,7	9,7	11,1	10,2	9,8	9,6	10	8,4	10,3	8,7	8,6
	12,6	12,3	12,6	10,4	10,1	11	11,3	10,5	11,5	11,1	11,8	11,8	11,6	10,5	11,4	10	10,1
	12,8	10,9	11,6	12,2	11,8	10,4	10,6	12	12,2	11,8	11,8	10,9	11,9	12,1	12,2	11,2	10,6
	13,3	12,8	10,4	11,4	10,9	11	12,9	12	12,2	13,2	12,6	12,4	10,7	11,9	12,7	10,7	11
	10,5	9	10	10	7,9	8,4	9	9	10,7	9,2	9,1	10,7	9,6	9,4	10,2	9,6	9,9
	9,8	11	10,7	9,3	9,2	10,3	8,4	10,1	10,6	8,8	10,1	10,7	9,1	9,4	10,1	9,6	9,3
	10,4	10,7	9,3	9,5	9,7	9,5	10	9,8	9,6	10,8	9,5	9,2	10,3	9,8	9,3	10,1	8,9
	11,6	10,7	10,7	9,9	9,9	11,8	10,4	10,6	11,1	10,4	10,9	10,3	10,8	10,6	10,8	9,6	10,2
	11,7	11,5	10,7	10,2	10,7	11	10,3	10,5	11,4	11,2	11,5	10,9	9,9	9,7	11,2	10,3	9,8
	11,2	10	11,3	9,2	9,4	10,8	9,7	8,7	11,4	9,9	9,9	10,2	9,7	9,6	9,4	9,5	9,4
	10,9	10,1	9,3	10,3	9,9	10,8	9,1	9,3	11,1	11,8	10,4	10,6	11,2	10,1	11	9,6	9,1
	11,8	10,6	10	10,5	10,4	10,7	10,6	10,6	11,1	11,2	10,6	9,5	10,5	10,1	10,7	9,2	10,2
	11,4	11,3	9,2	10,7	10,5	10,9	9,5	10	11,4	10,7	10,9	10,9	10,8	10,4	10,8	10,2	9,4
	9,9	10,3	9,2	8,9	10	9,9	8,8	9,7	9,8	10,3	10	9,7	9,9	9,2	9,6	9,1	9
	12,3	9,9	8,6	10,1	9,5	9,4	9,1	9,9	9,1	9,6	9,6	8,7	9,6	8,7	9,2	8,8	8,5
	9,4	9,4	7,9	8,6	8,7	8,4	8,6	8,7	8,7	9,2	8,7	8,1	8,9	8,6	8,6	8	8
	9,4	9,3	8,1	9,1	9,1	9,4	8,8	8,7	9,4	9,4	9,3	8,7	9,4	9,5	9,1	8,9	8,5
	10,9	10,5	9,1	9,5	9,7	9,8	9,8	9,7	9,7	9,9	10,4	8,9	9,7	9,8	9,9	9,3	9,1
10,3	11,1	10,4	9,8	10,2	10,4	9,3	10,2	10,6	9,1	10,5	9,2	9,5	9,5	9,4	9,3	9	
11	9,7	9,5	9,2	9,6	10,2	10	10,4	10,8	11,3	9,2	9,2	9,8	10,1	10,3	8,5	8,8	
Vidējā aritmētiskā vērtība	11,0	10,8	10,3	10,2	10,2	10,3	10,1	10,3	10,9	10,7	10,5	10,2	10,2	10,0	10,5	9,7	9,7
Maksimālā vērtība	14	16,2	12,8	14,7	14,3	13,6	14,8	16,2	14,5	15,4	15,2	13,2	12,8	13,7	15,2	11,8	14,3
Minimālā vērtība	8	8,5	7,9	8,5	7,9	8,4	8,4	8	8,7	8,5	8,6	8,1	7,9	8,4	8,6	8	8