

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

LIETIŠKĀS ĢEOLOĢIJAS KATEDRA

**PĻAVIŅU SVĪTAS DOLOMĪTU FILTRĀCIJAS
ĪPAŠĪBAS SLOKAS APKĀRTNĒ**

MAĢISTRA DARBS

Autors: **Andrejs Zaļetovs**

Stud. apl. az12023

Darba vadītājs:

Doc. Dr. ģeol. Aija Dēliņa

RĪGA 2015

ANOTĀCIJA

Maģistra darbā tiek pētīti rādītāji, kas raksturo Pļaviņu ūdens horizonta filtrācijas īpašības Slokas dolomīta atradnes apkārtnē un to saistība ar karsta procesiem Slokas apkārtnē. Darbā ir izmantoti „Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centra” ģeoloģiskās uzbūves un hidroģeoloģisko ūdens horizontu dati ar ģeoķīmiskajiem pamat rādītājiem, kas ietver 60 gadu ilgu laika periodu, kurā tika veikta aktīva ģeoloģiska nogulumiežu izpētes un dolomīta iegulu izstrādes darbība. Darba mērķis ir izpētīt Pļaviņu ūdens nesējslāņa īpatnības Slokas rajonā, atrast filtrācijas koeficientu plaisainajos iežos Pļaviņu nogulumiežu ūdens nesējslānī un karsta procesu attīstību sakarā ar pieaugošajiem virszemes ūdenskrātuvju apjomiem (karjeri, dīķi utml.) Slokas apkārtnē.

Atslēgvārdi: segtais karsts, karsta plaisu gruntsūdeņi, ūdens avoti, nogulumieži

ANNOTATION

The aim of the present Master paper is to establish the flow dynamic of fracture-karst groundwaters, taking into account the impact of anthropogenic factors over the past 20 years and the identification of steady-state regime, qualitative indices, resurgence percentage and balance of groundwaters. In master paper the fractured groundwaters flow in the area of closed karst in Sloka neighbourhood are analysed. In the study, the data on geological structure and hydrogeological groundwater aquifers with main geochemical indices from the "Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre", covering sixty year period, has been used. All this time there has been an active geological activity in the research of sedimentary rocks and development of dolomite deposit.

Key words: closed karst, fracture-karst groundwater aquifers, water sources, sedimentary rocks.

SATURS

DARBĀ IZMANTOTIE APZĪMĒJUMI	6
IEVADS	7
1. FILTRĀCIJAS KOEFICIENS UN TĀ NOTEIKŠANAS METODES.....	9
1.1 Vispārīga informācija par filtrācijas koeficientu un tā nozīmi hidroģeoloģijā.....	9
1.2 Dolomītu filtrācijas īpašību īpatnības	12
1.3. Filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes.....	14
1.3.1. Teisa un Džeikoba metodes.....	14
1.3.2. Stacionāro novērojumu metode.....	15
1.3.3. Laboratoriskās metodes	15
1.3.4. Ģeofiziskās metodes	16
1.3.5. Hidrodinamiskās analogijas metode.....	16
1.3.6. Matemātiskā modelēšana.....	17
2. KARSTA PROCESI UN TOS IETEKMĒJOŠIE FAKTORI.....	18
2.1. Karsta procesi	18
2.2. Faktori, kas veicina karsta procesu attīstību	19
2.3. Karsta procesu ietekme uz pazemes ūdeņu plūsmu, nogulumu filtrācijas īpašībām	20
3. MATERIĀLI UN METODES	21
3.1. Literatūras studijas	21
3.2. Kamerālie darbi.....	21
3.3. Datu vākšana un analīze.....	22
3.4. Lauka darbi	22
3.5. Filtrācijas koeficienta aprēķini.....	24
4. SLOKAS APKĀRTNES ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE, HIDROĢEOLOĢISKIE APSTĀKĻI UN KARSTA PROCESI.....	26
4.1. Iepriekšējie pētījumi Slokas apkārtņē	26
4.2. Ģeoloģiskā uzbūve.....	27
4.3. Hidroģeoloģiskie apstākļi	32
4.4. Karsta procesi	36
4.5. Dolomītu ieguve Slokas apkārtņē	37
4.5.1. Dolomīta ieguve Sloka 1 lauka atradnēs	37
4.5.2. Dolomīta ieguve Sloka 2 lauka atradnēs	39
5. DOLOMĪTU FILTRĀCIJAS ĪPAŠĪBAS SLOKAS APKĀRTNĒ	41
5.1. Iepriekšējo pētījumu rezultāti	41
5.1.1. Sūknēšana dolomītu atradnē Sloka 1 laukā.....	41
5.1.2. Sūknēšana dolomītu atradnē Sloka 2 laukā.....	43

5.1.3 Turpmākas sūknēšanas Slokas rajonā	44
5.2. Filtrācijas parametru aprēķini pēc eksperimentālās sūknēšanas datiem	45
5.2.1. Līmeņa pazemināšanās un atjaunošanās	45
5.2.2. Filtrācijas koeficienta aprēķins pēc grafoanalītiskās metodes	48
5.3. Pļaviņu horizonta ūdens līmeņa režīms Slokas apkārtnē	51
6. DISKUSIJA	55
SECINĀJUMI	57
LITERATŪRAS SARAKSTS	58
1. Grupveida sūknēšanas parametri	64
2. Iežu ķīmiskais sastāvs procentuāli	65
3. Pamatrādītāji	66
4. Detalizēto aprēķinu un novērojumu dati	70

DARBĀ IZMANTOTIE APZĪMĒJUMI

ESM - elektroniskā skaitļošanas mašīna

RK – rezistometrija

GK – gamma karotāža

PP - pilnā pretestība

IEVADS

Nogulumu filtrācijas īpašības ir vairāku parametru kopums, kas nosaka ūdens pārvietošanās ātrumu iežos, un tās ir filtrācijas koeficients, caurlaidības koeficients, porainība un aktīvā porainība, ūdensvadāmības koeficients u.c. Filtrācijas koeficienta noteikšana ir svarīga, lai noteiktu filtrāciju no dīķiem un karjeriem, noteiktu pazemes ūdeņu plūsmas debītu, prognozētu tālāku karsta attīstības iespēju, karsta iegruvumu un ēku nosēšanās iespējamību, kā arī Pļaviņu svītas piesārņotības ar dažādiem elementiem un vielām līmeni, kuru rada antropogēnā slodze, ūdenim filtrējoties caur plaisām.

Šajā darbā ir apskatīta Slokas apkārtnes augšdevona D₃pl svītas izplatība, stratigrāfija, hidroģeoloģija un citi ģeoloģiskie apstākļi. Augšējos slāņus piesedz nenožīmīga kārtā kvartāra nogulumu, caur kuriem atmosfēras ūdens nonāk pirmskvartāra iežos, pārsvarā mergēlī un dolomītā. Gruntsūdeņu līmenis pastāvīgi mainās, un tas ir cieši saistīts ar Lielupes ieleju, kā arī upes baseina virszemes ūdeņiem. Rajons raksturojams kā dolomītu atradne un karsta rajons. Tas atrodas dienvidaustrumos no Ķemeru nacionālā parka ar īpašiem sērūdeņraža ūdeņiem, kura teritorijā pārsvarā ir Salaspils svīta un Salaspils ūdens nesējslāņa horizonts ar paaugstinātu sulfātu saturu, kurš mijiedarbojas ar Pļaviņu ūdens nesējslāņa horizontu, jo šo divu horizontu robeža atrodas tieši darbā pētāmajā teritorijā. Noteiktie koeficienti ir izmantojami pazemes ūdeņu ģeofiltrācijas un ģeomigrācijas modeļa izveidē.

Maģistra darba **mērķis** ir novērtēt Pļaviņu svītas dolomītu filtrācijas koeficienta vērtību izmaiņas karsta teritorijās saistībā ar iepriekšējo dolomīta ieguvi un karsta piltuvju rašanās virsmā intensitāti.

Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti vairāki **uzdevumi**:

- iepazīties ar filtrācijas koeficienta noteikšanas metodēm, izvēlēties pētījumam piemērotāko metodi lauka eksperimentiem,
- iepazīties ar karsta procesu attīstības īpatnībām dolomītos,
- iepazīties un analizēt pētījumus par dolomītu filtrācijas īpašībām Slokas apkārtņē, kā arī teritorijas ģeoloģisko uzbūvi un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem, karsta procesiem un dolomīta ieguvi Slokas apkārtņē,
- veikt lauka eksperimentus – filtrācijas koeficienta noteikšanu Pļaviņu svītas dolomītiem un analizēt iegūtos rezultātus,
- noteikt gruntsūdeņu līmeņa paaugstināšanās likumsakarības saistībā ar nokrišņiem,
- izvērtēt un analizēt iegūtos lauka darbu rezultātus salīdzinājumā ar iepriekšējo pētījumu datiem.

Maģistra darbs sastāv no 6 nodaļām ar apakšnodaļām un 4 pielikumiem un ietver 8 tabulas un 20 attēlus. Darbu papildina literatūras saraksts ar 42 publicētajiem literatūras avotiem un 20 npublicētajiem literatūras avotiem.

1. FILTRĀCIJAS KOEFICIENTS UN TĀ NOTEIKŠANAS METODES

1.1 Vispārīga informācija par filtrācijas koeficientu un tā nozīmi hidroģeoloģijā

Viss gravitācijas ūdens zemes garozā smaguma spēka (gravitācijas) ietekmē pārvietojas gultnes krituma virzienā un uzkrājas nogulumiežu dabīgajos kolektoros (baseinos). Veidojas pazemes ūdeņu plūsmas, kuras tek līdzīgi virszemes ūdeņiem (upēm, strautiem), kuras plūst pa reljefa kritumiem bezporu gaisvidē, bet atšķirībā no virszemes ūdeņiem, pazemes ūdeņi tek porainā vai plaisainā vidē, ko ir izveidojuši kalnu ieži, un kuru poras ir piepildītas ar gaisu vai gāzi un pastāv tā saucamais kalnu ieža skelets. Poras parasti ir ļoti mazas un nepareizas ģeometriskās formas, izņemot dažas vietas, kurās ir attīstīts pazemes alu tīkls ar ļoti lieliem pazemes dobumiem, sifonu un kanālu sistēmām. Katrā porainās vides šķēlumā notiek ūdens kustība tikai pa tukšumiem starp atsevišķām porainās vides daļiņām. Ūdens kustība smilšainos, bet bieži arī plaisainos iežos, pakļaujas lineārajam filtrācijas likumam, ko 1856. gadā atklāja franču hidraulikas speciālists A.Darsī. Šo likumu Darsī noteica pamatojoties uz daudzskaitlīgiem ūdens filtrācijas caur smilšu filtriem izmēģinājumiem (Klimentovs, 1985). Tas ir lineārais filtrācijas likums, kuram pakļaujas laminārā ūdens kustība zemes garozas porainajā vidē vai irdenas un mālaines grunts (smilts, smilšmāls, augsne utml.) paraugos, kas tiek izmantoti filtrācijas parametru atklāšanai un tiek pētīti speciālos mērinstrumentos, kas tiek piepildīti ar šo iežu paraugiem. Pie tam tiek pielietotas Darsī formulas, kas dod tikai aptuvenus q (debita) un K (filtrācijas koeficienta) aplēses datus (Klimentovs, 1985, Kovalevsky et al, 2004).

Ūdens caurlaidības pakāpi ir pieņemts raksturot ar filtrācijas koeficientu vai ūdensvadāmības koeficientu, kas norāda ātrumu ar kādu gravitācijas ūdens izsūcas caur iezi pie pazemes plūsmas slīpuma, kas ir vienāds ar 45^0 vai vienu, ja par slīpuma mērvienību pieņem šī leņķa tangensu.

Parasti filtrācijas koeficients tiek izteikts attāluma vienībās laikā m /diennaktī, m /stundā, m /sekundē. Tā kā filtrācijas koeficientam piemīt ātruma dimensija, bieži to sauc par filtrācijas ātrumu vai - vēl veiksmīgāk – filtrācijas ātrumu uz gradienta vienību. Filtrācijas koeficienta lielums ir atkarīgs no starpporu atstatumu lieluma graudainajos iežos un plaisu platuma klinšu iežos (Klimentovs, 1985).

Ļoti tuvs filtrācijas koeficientam ir caurlaidības koeficients. Tas ir pieskaitāms arī hidrodinamiskajām īpašībām,

$$q/t = \frac{K(P_2 - P_1)A}{d},$$

kur: q — ūdens daudzums cm^3 ,

t – laiks sekundēs,

P – spiediena kritums parauga galos atmosfērās,

A — šķērsriezuma laukums cm^2 ,

d – garums cm ,

K — caurlaidības koeficients (Garrels, Makkenzi, 1974: 51). Caurlaidības koeficientam piemīt dimensija L^2 , tomēr bieži caurlaidības koeficientam tiek izmantota darsī vienība vai millidarsī ($1D = 1,02 \cdot 10^{-8} \text{cm}^2 = 1 \text{mkm}^2$).

Filtrācijas koeficients ir atkarīgs no starporu atstatumu lieluma graudainajos iežos un plaisu platuma klinšu iežos. No blīvuma un viskozitātes, t.i. no šķidrums, kas filtrējas, fiziskajām īpašībām. Filtrācijas koeficients nav derīgs filtrācijas noteikšanai naftu saturošos iežos, stipri mineralizētos vai rūpnieciskos ūdeņos (mainīga sastāva). Tas ir pielietojams tikai gadījumā, kad ūdens kustība iežos pēc savām īpašībām ir viendabīga, pretējā gadījumā tiek pielietots caurlaidības koeficients. Caurlaidības koeficients ir porainas vides raksturojums un nav atkarīgs no parauga lieluma un šķidrums īpašībām.

Formula, kura ir mūsdienu Darsī likuma pieraksts:

$$Q = \frac{k\rho g\Delta HS}{L\mu},$$

kur: k - caurlaidības koeficients m^2 ,

g – smaguma spēka paātrinājums m/s^2 ,

ρ – šķidrums blīvums kg/cm^3 ,

μ – šķidrums viskozitāte $\text{Pa}\cdot\text{s}$,

ΔH – līmeņu atšķirība m ,

S – šķērsriezuma laukums m^2 ,

L – garums m .

1857. gadā Ž.Dipī, kas nodarbojās ar pazemes hidrodinamiku un pētīja gruntsūdeņu kustību, pielietoja Darsī likumu pazemes ūdeņu dabīgo plūsmu patēriņu un ūdens pieplūdes urbumiem noteikšanai. Viņa iegūtās formulas tiek plaši pielietotas sūknēšanas no urbumiem aprēķinos (Entov, 1998).

Dipī formula pazemes spiedienūdeņiem:

$$Q = \frac{2\pi kh}{\mu} \frac{(p_0 - p_{urb})}{\ln(r_0/r_{urb})}$$

kur: r_{urb} – urbuma rādiuss m,

p_{urb} – spiediens urbumā Pa,

$$r_{urb} \sim 10\text{cm}, r_0 \sim 100 - 1000\text{m}$$

Dipī formula pazemes bezspiedienūdeņiem:

$$Q = \frac{2\pi k \rho g}{\mu} \frac{h_0^2 - h_{urb}^2}{\ln r_0/r_{urb}}$$

kur: h_{urb} un h_0 – līmeņi urbumā un barošanās kontūrā.

Filtrācijas koeficientam ir būtiska nozīme projektējot un būvējot hidrotehniskas būves, aizsprostus, izstrādājot būvbedres un pazemes būves. Tas rada priekšstatu par kaitīgo vielu izplatīšanās ātrumu piesārņošanas vietās, kā arī par pazemes ūdeņu krājumiem ūdens nesējslāņa horizontos un pieplūdi sprostsļāņu (dambju) vai karjeru sienām iegulu izstrādes laikā. Aprēķinu dati ir izmantojami drošības vai aizsardzības pasākumu pret applūšanu vai krastu nobrukšanu veikšanā. Atrastie slāņu filtrācijas koeficienti tiek izmantoti formulās mijiedarbošos urbumu debita aprēķināšanai, kā arī tuvinātām lielo ūdensguvju un ūdens līmeņa pazemināšanas iekārtu hidroģeoloģiskajām aplēsēm.

Filtrācijas koeficients ir saistīts ar caurlaidības koeficientu ar šādu attiecību:

$$K/\gamma = K_p/\mu',$$

$$\text{vai } K_p = K\nu/g,$$

pie: $\gamma = \rho g$ (N/m^3) ūdens īpatsvars,

μ' – ūdens viskozitātes dinamiskais koeficients ($\text{Pa}\cdot\text{s}$);

ν – viskozitātes kinemātiskais koeficients (m^2/s).

Saldūdenim ar viskozitāti $\mu'=0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ (pie temperatūras 20°C) caurlaidības koeficientam 1 darsī (vai $1 \mu\text{m}^2$) atbilst filtrācijas koeficients $K = 0,86 \text{ m/dnn}$.

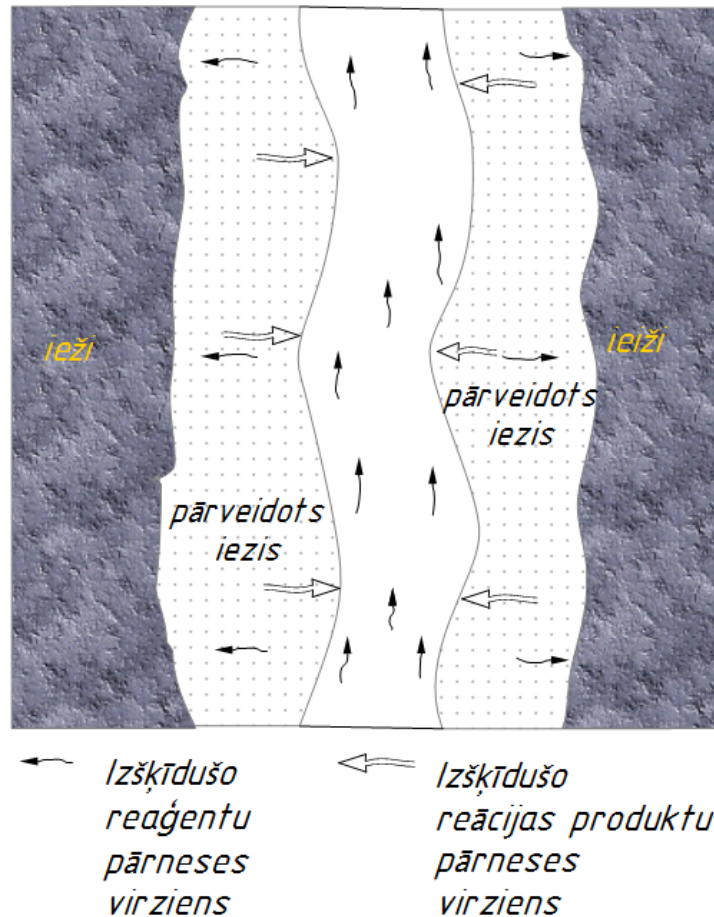
Filtrācijas koeficients ir atkarīgs no starpporu atstatuma un plaisu platuma klinšu iežos, no blīvuma un viskozitātes, t.i. filtrējošā šķidrums fiziskajām īpašībām. Filtrācijas koeficients neder filtrācijas noteikšanai iežos ar naftu, stipri mineralizētos vai rūpnieciskajos ūdeņos (ar

mainīgu sastāvu). Tas ir izmantojams tikai gadījumos, kad ūdens kustība iežos ir viendabīga pēc savām īpašībām, pretējā gadījumā tiek izmantots caurlaidības koeficients (Klimentovs, Kononovs 1985: 38)

1.2. Dolomītu filtrācijas īpašību īpatnības

Plaviņu svītas dolomītos gravitācijas ūdeņu cirkulācija un filtrācija notiek caur plaisām un kavernām. Tā kā dolomīti ir ieži, kas galvenokārt sastāv no dubultiem kalcija un magnija ogļskābes sāļiem — dolomīta minerāla $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, kas satur būtiski daudzumu nešķīstošu minerālu un piemaisījumu, pie nešķīstošā atlikuma ķīmiskās analīzes saturs ir līdz 15%, notiek pakāpeniska izskalošanās caur plaisām vai plaknēm kontaktā ar pazemes gravitācijas ūdeņiem ar sekojošu izšķīdināto vielu iznesi ar pazemes noteces ūdeņiem upēs un jūrās, bet nešķīstošais atlikums nosēžas dolomīta miltu veidā, kas sastāv no sīkiem saēstiem dolomīta kristāliem. Tie nosēžas starpslāņos līdz 1 metram un lēcās. Šādos starpslāņos un lēcās filtrācijas koeficients tiecas uz 0, t.i. gandrīz nelaiž sev cauri ūdeni. Kavernas ir aizpildītas ar sabrukšanas produktiem, dolomīta miltiem vai mālu un kalcīta kristāliem. Kavernās un spraugās filtrācijas koeficients ir neliels, it īpaši ja starp mijiedarbojošās plaisām ir laba mijiedarbība vai plaisas ir tieši savienotas ar drenējamajām ūdenskrātuvēm. Dolomīts ir grūti šķīstoša slāņiegula, kas šķīst 3-4 reizes lēnāk nekā kaļķakmens, kurā kalcīts nosaka ķīmisko sastāvu (Solovevs, 1941). Šķīšanas un izskalošanās process ir atkarīgs no filtrācijas intensitātes un pazemes ūdeņu kustības ceļu rakstura. Reakcijas starp kalnu iežiem un ūdeni ar tajā izšķīdušām vielām kontrolē difūzijas procesi. Ilgstoša ģeoloģiska perioda laikā, kurš tiek rēķināts miljonos gadu, notiek jonu difūzija iežu plaisās, kontaktā plaisa – svaigs iezis, tādējādi notiek iežu izmaiņas, kas rodas pakāpeniski sākot no plaisu iekšējām sienām (skat. 1. att.) un starpporu atstatumiem (Garrels, 1971).

*Plaisa, pa kuru tek
pastāvīga sastāva šķīdums*



1. att. Difūzijas procesa shēma (Garrels, 1971).

Karstainajam dolomītam piemīt paaugstināta ūdensatdeve un spēja uzkrāt ūdeni. Tādēļ veidojas lielas pazemes ūdeņu atradnes. Kā arī dolomītam piemīt dubulta porainība un pateicoties šai īpašībai dolomītos palielinās ūdensatdeve. Dubultā vai sekundārā porainība rodas izskalošanās, blīvēšanās, cementācijas un citu procesu rezultātā, kuri norit jau izveidojušos iežos ar primāro porainību. Dolomītu kopējās porainības koeficients variējas 3-20% ietvaros (Klimentovs, 1985). Porainībai ir būtiska nozīme ūdensatdevē, jo dabā nepastāv pilnīgi ūdensnecaurlaidīgi ieži. Ūdensatdeve nav atkarīga no vispārējās porainības %, to nosaka poru izmērs. Tomēr dolomīta iežu granulometriskais sastāvs ir ļoti nevienmabīgs, pie tam tas ir saliedēts un tam piemīt masīva kristāliskā uzbūve. Tādēļ ūdensatdeve vispār nav saistīta ar granulometrisku sastāvu un ir nosakāma vienīgi eksperimentālā ceļā.

1.3. Filtrācijas koeficienta noteikšanas metodes

Plaisainajiem iežiem tiek izmantotas eksperimentālās – ekspluatācijas sūknēšanas metodes ar urbumu uzstādīšanu un aprīkojumu ūdens sūknēšanai *in situ*. Sūknēšanas rezultātu precizitātei, tā ir jāveic pie maksimālas vai pilnas mitrumietilpības, kad pētāmo iežu poras ir pilnībā aizpildītas ar visiem ūdeņu veidiem. Sūknēšanas laikā rezervuārā, kurā notiek sūknēšana, sākas līmeņa pazemināšanās process, kura laikā pakāpeniski apkārt rezervuāram no kura notiek sūknēšana, rodas depresijas piltuve, jo ūdens, pakļaujoties gravitācijas likumiem, virzās no augstākajiem iecirkņiem uz zemākajiem it kā notekot zem leņķa, bet tas notiek slēgtā gruntī un ieraudzīt depresijas piltuvi ir iespējams tikai modeļos. Depresijas piltuves iecirkņa ieži zaudē pilno mitrumietilpību, gravitācijas ūdenim aizejot no porām un plaisām, bet nekļūst pilnīgi sausi, pat ja pētāmais iecirknis tiktu izolēts no visa ūdens nesējhorizonta. Tas notiek jo porās paliek molekulārā mitrumietilpība, kas notur daļu ūdens ar starpmolekulārās saistības spēkiem. Parastajos sūknēšanas apstākļos pētāmajā iecirknī notiek brīvā ūdens nodošana rezervuārā, bet tā kā ieži atrodas pilnīgi aizpildīta ūdens nesējhorizonta blīvumā vidē, tad notiek nepārtraukts dinamisks process, pie kam tas notiek ātrāk pie lielāka pētāmajam rezervuāram pieguļošo iežu filtrācijas koeficienta.

Pēc vairākām ūdenslīmeņa pazemināšanās pie radušās filtrācijas režīma mēra līmeņus novērošanas un eksperimentālajos urbumos, pēc iegūto datu apstrādes tiek sastādīts laika patēriņa grafiks (debita līkne $Q=f(S_c)$), kuram piemīt parabolisks, pakāpes vai logaritmisks raksturs. Nosakot, tiek ņemtas vērā filtrācijas pretestības piecirtnes zonā, novirzes no lineārā filtrācijas režīma, ūdensnesējosēdumu neviendabīgums pēc vertikāles utml. Ūdens līmeņu mērījumi tiek veikti ar hidroģeoloģisko slokšņmēru, elektrisko līmeņa rādītāju, plaukšķeņu vai manometrisko līmeņa rādītāju palīdzību. Sarežģītuma pakāpe pieaug atkarībā no konkrētā iecirkņa ģeoloģiskās uzbūves. Aprēķinos tiek izmantoti Dipī, Forheimera, Babuškina, Nasberga, Girinska sastādītie vienādojumi. Eksperimentālā sūknēšana ir tīri hidroģeoloģiska laika pārbaudīta metode, kas prasa noteiktas tehniskas iemaņas un zināšanas urbšanā, lai iegūtu aprēķinu hidroģeoloģiskos parametrus lauka apstākļos. Šādām metodēm ir pieskaitāmas: 1) sūknēšana no urbumiem, šurfiem; 2) ieliešana un iespiešana urbumos; 3) ieliešana šurfos.

1.3.1. Teisa un Džeikoba metodes

Pēc īstermiņa sūknēšanas veikšanas no atsevišķa urbuma, sūknēšanas laikā veiktajos novērojumos iegūtie rezultāti, kas ietver līmeņu izmaiņu un plūsmas patēriņa datus, tiek apstrādāti pēc matemātiskām aprēķinu formulām, kas tiek pielietotas atkarībā no metodes.

Tiek atklāti aprēķinātie hidroģeoloģiskie parametri un analizēti pēc Teisa līknes sasniegšanas metodes (Theis's curve-fitting method) vai pēc Kupera-Džeikoba etalona līknes metodes (Jacob's straight line method) ar šī metodēm atrastajām aprēķina formulām, kas paredzētas nenostabilizējamām filtrācijām. Kvazinodibinātai filtrācijai tiek izmantotas grafoanalītisko metožu aprēķinu formulas. Galvenie parametri, kas tiek noteikti apstrādājot sūkņēšanas rezultātus pamatojoties uz nenostabilizējušos filtrāciju teoriju, ir filtrācijas koeficients k , ūdensvadāmības koeficients km vai T , spiedienizmaiņas (vai līmeņizlīdzinājuma) koeficients a , summārais urbuma pretestības rādītājs ζ_0 , ūdensatdeves koeficients μ (vai elastīgās ūdensatdeves koeficients μ^*) u.c. Teisa metode nav uzskatāma par pilnīgi drošu metodi, jo parametru noteikšana notiek pēc diviem mērījumiem vienā un tajā pašā plūsmas punktā (urbumā), vai divos dažādos plūsmas punktos vienā laika momentā (centrālajā urbumā un novērošanas urbumā). Pamatotākai parametru noteikšanai šī metode tiek pielietota atkārtoti pēc jauniem mērījumiem, bet mērījumu izvēle salīdzināšanai tiek kontrolēta sastādot grafikus $S=f(t)$. Džeikoba metodes būtība slēpjas atkarības grafika sastādīšanā $\lg S=f[\lg(t/r^2)]$ pēc eksperimenta datiem, ar sekojošu tā savietošanu ar etalona līkni — atkarības grafiku $\lg W$ no $\lg(1/u)$. Koordināšu sistēmā $\lg S=f[\lg(t/r^2)]$ konstruētiem dažādu novērošanas urbumu grafikiem ir jāsakrīt. Pēc to sakrišanas pakāpes ir iespējams spriest par to atbilstību etaloniem, kā arī par aprobējamā horizonta viendabīguma un izolētības pakāpi.

1.3.2. Stacionāro novērojumu metode

Filtrācijas parametru noteikšana pēc stacionāro novērojumu datiem — šīs metodes pielietošana prasa režīma tīklu punktu (urbumu, izvietojumu līniju, posteņu) esamību un atbilstošu pazemes ūdeņu režīma novērojumu organizēšanu. Filtrācijas īpašību noteikšana pēc stacionāro novērojumu metodes notiek plašākā teritorijā un ir saistīta ar karšu un atskaišu meliorācijas un ūdensapgādes nolūkos sastādīšanu.

1.3.3. Laboratoriskās metodes

Laboratoriskās metodes prasa sagatavošanos pareizai paraugu ieguvei un māku lietot dažādas ierīces. Tās ir pielietojamas smiltīm, māliem un augsnēm, tiek pielietotas radniecīgās zinātnēs tādās kā augsnes mācība, bet augsnes mācībā filtrācijas koeficients ar dimensiju $m/diennakti$ tiek saukts par ūdensvadāmības koeficientu, kas neatbilst hidroģeoloģijai, kur ūdensvadāmības koeficients tiek mērīts darsī vienībās un tam piemīt laukuma dimensija. Eksistē liels daudzums ierīču un iekārtu filtrācijas koeficientu atrašanai, bet tiem visiem piemīt savi trūkumi, kurus inženieri novērš jaunajās ierīču izstrādēs. Kopumā laboratoriskās metodes nav derīgas dabīgas izcelsmes klinšu iežu filtrācijas īpašību pētīšanai. Lauka apstākļos *in situ* kvartāra nogulumiem tiek izmantota Mjunca — Lena metode ar dubulta

gredzena palīdzību, kura pamatojas uz Darsī aparātu, bet ir kompaktāka. Metode ir derīga smilšu un mālainiem iežiem. Faktiski ar to tiek mērīts ūdens daudzums, kas infiltrējas laika vienībā.

1.3.4. Ģeofiziskās metodes

Ģeofiziskās metodes tiek iedalītas virszemes ģeofiziskajos pētījumos (lauka) un pētījumos urbumos (urbumu ģeofizika). Izraisītās polarizācijas virszemes metode tiek izmantota pirmā no virsmas ūdensnesējslāņa horizonta ūdensvadāmības pētīšanai un pamatoti datu ekstrapolācijai eksperimentālajiem - filtrācijas darbiem. Metodes dziļums nepārsniedz 100 metrus. Ģeofiziskie urbumu pētījumi pamatojas uz kompleksu metodi, kas ietver - elektriskās pilnās pretestības metodi, dabīgos potenciālus, sānisko zondēšanu un karotāžu, rezistometriju, radioaktīvo karotāžu u.c.. Zondējot pēc PP metodes tiek sastādīta vertikāla diagramma, norādot slāņu īpatpretestību atkarībā no dziļuma vai horizontāla diagramma, atkarībā no garuma, pēc kurām dati tiek interpretēti samazināta mērogā kopijā. RK metode ļauj noskaidrot vērtību un filtrācijas īpašību orientierus, pēc būtības rezistometrijas metode ir hidrodinamiska un elektroķīmiska. Pielietojot urbumā ielejamu elektrolītu, tā tiek izmantota plaisainajiem iežiem un irdenajiem nogulumiem, kuri nesatur būtisku daudzumu mālu un putekļu daļiņu, mērķtiecīgi pielietojama tikai vienā ūdens nesējhorizontā. Vairāku ūdens nesējhorizontu savstarpēju sakaru gadījumā, filtrācijas koeficienta noteikšanai tiek pielietota debitometrijas metode. Pārējo ģeofizisko metožu – GK un akustiskās – pamatā ir dažādu frekvenču (parasti gamma diapazonā) elektromagnētisko viļņu un akustisko viļņu, kuriem piemīt interferences un difrakcijas īpašības, izplatīšanās zemes garozā principi.

1.3.5. Hidrodinamiskās analogijas metode

Elektro – hidrodinamiskās analogijas metodes (EHDA), kuru pirmo reizi XX gadsimta sākumā pielietoja akadēmiķis N.Pavlovskis, pamatā ir fiziska - plakana vai telpiska - modeļa izveide, izmantojot analogas elektronierīces, elektrolītus šķīdumus, elektriskās ķēdes ar maināmiem parametriem. Tiek modelēti dabīgie vai izveidoti noteiktie ģeoloģiskie un hidroģeoloģiskie apstākļi, tad punktos, kuri imitē urbumus, tiek veikti īpatnējās pretestības mērījumi no 100 līdz 100 000 om/cm (Klimentovs, Konanovs 1985: 351). Metode ir ekonomiski izdevīga un apkārtējai videi nekaitīga, jo pētījumi nenotiek dabā, t.i. faktiski tā ir laboratoriska metode.

1.3.6. Matemātiskā modelēšana

Nākamais etaps pazemes ūdeņu modelēšanā ir matemātiskā modelēšana ar grafisku attēlu vai bez tā (datu izvešana uz ekrāna) uz ESM. Metode ļauj apstrādāt lielus datu apjomus īsā laika posmā, ar iespēju tos interpretēt. Filtrācijas koeficientu noteikšanai tiek sastādīts ciparu modelis pēc telpas koordinātēm ar sekojošu inverso modelēšanas metodi vai automātiskās kalibrācijas procesu pēc modelētajiem aprēķiniem un novērojumu datiem. Veidojot hidroģeoloģisko modeli, tiek atrasti filtrācijas vai ūdens vadītspējas koeficienti atkarībā no modeļa mēroga. Lielos reģionālos modeļos tiek izmantoti ūdens vadītspējas koeficienti. Trīsdimensiju hidroģeoloģiskajos modeļos slāņu filtrācijas koeficienti tiek sastādīti pēc trīs vektoriāliem virzieniem un tiek apzīmēti kā K_x K_y K_z (m/dnn). Lauka apstākļos ar sūknēšanas metodēm atrod horizontālo filtrācijas komponenti K_x (Virbulis, 2013). Ir iespējams atrast vertikālo komponenti K_y ar ieliešanu šurfos, modelējot infiltrāciju. Parasti šī metode anizotropā vidē nav nepieciešama, bet dolomītu gadījumā ir vēlams zināt plaisu virzienu.

Kopumā nepieciešamā drošuma un efektivitātes nodrošināšanai lietderīgi ir kompleksi pielietot dažādas filtrācijas koeficienta atrašanas metodes.

2. KARSTA PROCESI UN TOS IETEKMĒJOŠIE FAKTORI

2.1. Karsta procesi

Karsta procesi norit karbonātiskos (dolomīts, kaļķakmens, marmors), sulfātu (ģipsis, anhidrīts) un halogēnos (akmens sāls) iežos, kas iegūļ salīdzinoši nelielā dziļumā vai arī virszemē, tur kur ir intensīva pazemes ūdeņu kustība. Karsta procesi biežāk novērojami un ir tipiskāki karbonātiežiem un sulfātiežiem, bet halogēnos iežos retāki, jo tie bieži nogulsņējas starp ūdensnecaurlaidīgiem iežiem un tiem ir masīva struktūra un mazāk plaisu. Dolomīta ieži, kas nogulsņējas tuvāk virsmai un ir pakļauti dēdēšanas un karsta procesiem, kuri izsārmo kalcīta cementu, pārvēršas par dolomīta miltiem (Stupišins, 1967). Esot pārmitrinātā stāvoklī, dolomīta slānis tiek pakļauts ne tikai izsārmošanai, bet arī aktīvai izskalošanai, ar sekojošu iežu graudu sufozīvu iznesi. Bet šķīšanai ūdenī pakļaujas tikai kalcīta saaugumi, kuri ietilpst dolomīta sastāvā. Minerāla dolomīta graudi nešķīst, bet tiek iznesti sufozīvā ceļā.

Līdzās dēdēšanai līdzenumos, kā arī pozitīvo struktūru nogāzēs, kas ir zināmas kā antiklinālās vai brahiantiklinālās struktūras, karsta procesi parasti attīstās tuvu virsmai, it īpaši ja kvartāra slānis ir neliels. Šādās struktūrās notiek plaisu augšana dolomītos brahiantiklināļu spārnos, ūdens, iekļūstot šajās plaisās, rada izskalojumu un, dažreiz, nogrūvumus dziļajos slāņos, kas ir izvietojusies virs erodējošā līmeņa. Pazemes erozijas ietekmē kaļķakmenī veidojas karsta akas un karsta piltuves. Pēc nogrūvuma karsta piltuves dibenā veidojas eksogēnās (atektoniskās) nobrukuma krokas, kuras pilnīgi atkārtoti minētā dobuma dibena virsmas formu (Žukovs, 1961).

Joprojām nav pilnīgi izpētīts kā ledājs ir ietekmējis esošo seno paleokarstu. Paleokarsts (senais karsts) ir radies pie nedaudz citas erozijas bāzes nekā patreiz (Lisenko, 1980). Paleokarsti satur dažādus pēdējo periodu slāņus, kuri tika aprakti un netika aizskaloti, līdzīgi upju apraktajām ielejām, bet mazāk jaudīgi, tādēļ izraisot ģeoloģisku interesi. Par paleokarsta veidojumu, kas radušies pirms pleistocēna apledojumiem, izplatības blīvumu var spriest pēc Ogres rajona Kranciema atradnes vietā veiktā pētniecības darba (Kaļva, 2010). Kranciema atradnes vietā dolomīta ieguves laikā tika atklāti 16 dažādu formu paleokarsta veidojumi. Tas liecina, ka lokālā plānā pie ļoti lielas izšķirtspējas un detalizācijas ir jāņem vērā arī karsta veidojumu esamības fakta iespējamība, ko var atklāt tikai veicot detalizētu izlūkošanu zemvirsmas zondēšanas ceļā vai atklājot ar urbšanas vai karjera tehniku.

Daugavas gultnē pie labā krasta 1,3 km uz ZR no Pļaviņu HES karsta koncentriskajai struktūrai piemīt apļveida forma un diametrs 30-50 m. Tā ir blīvi pildīta ar pārvietotu dolomītu, dolomītmerģeļu un mālu materiālu un tā atlūzām (Grava, Stinkulis, 2014).

Galvenās karsta attīstības likumsakarības un apstākļi tika pētīti 6 Latvijas iecirkņos, tai skaitā arī Ķemeros - Jaunķemeros (Tracevska, 1990).

Slokas rajonā nav neviena fiksēta paleokarsta, bet arī rajons stipri atšķiras no citiem Latvijas rajoniem. Eksistē tikai mans pieņēmums, ka iecirknī, kas atrodas uz ziemeļiem no Slokas Jaunķemeru rajonā, nelielā iegrimuma iecirknī jeb muldā, kas ir attēlots ģeoloģiskajā kartē 5. att. (Latvijas ģeoloģiskā karte. Mērogs 1:200 000. 42.lapa - Jūrmala.) kā nepareiza forma, kurā ir nelieli Daugavas svītas D₃dg, ko ietver Salaspils svīta un paleokarsta atliekas, kuru atlikumi ir palikuši, jo laukums ir neliels un izmēri ir karsta iegruvumu ietvaros.

2.2. Faktori, kas veicina karsta procesu attīstību

Karsta procesu attīstību nosaka viss meteoroloģisko apstākļu kopums, kas ietver izkrietošo nokrišņu intensitāti un daudzumu, sasalšanas dziļumu ziemā un gaisa temperatūru. Karsta procesu laikā notiek atmosfēras nokrišņu un virszemes ūdeņu influācija caur vertikālajām plaisām un jau esošajiem karbonāta vai halogēna iežu tukšumiem, tukšumi var sasniegt būtisku lielumu un izplatību un sazaroties.

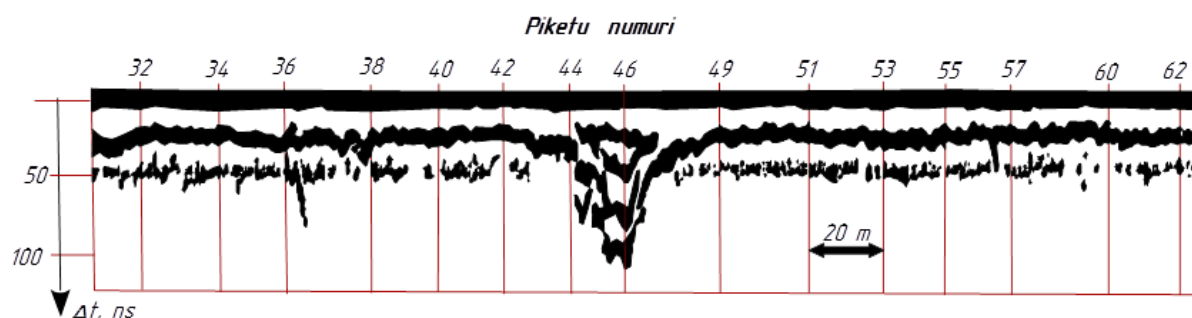
Paaugstināts skābju saturs atmosfēras un pazemes ūdeņos arī veicina paātrinātu dolomīta šķīšanu. Skābes reaģē ar sāļiem un tos atsārmo. No dabiskajiem kalcija sāļiem tikai ģipsis nedaudz šķīst ūdenī, tomēr ja ūdens satur ūdeņraža dioksīdu, tad kalcija karbonāts arī var kļūt par šķīdumu hidrokarbonāta Ca (HCO₃)₂ veidā. Sulfāta klātbūtne karbonāta iežos veicina karsta attīstības intensitāti. Tādēļ ģeoloģiska divu ūdensnesējslāņu horizontu ar dažādu ūdens ķīmisko sastāvu tuvuma gadījumā ir svarīgi zināt plūsmas virzienu, lai noteiktu iežu izneses un šķīšanas līmeni.

Bieži cilvēciskā faktora ietekme var provocēt karsta iegruvumu veidošanos, tā notiek karjeru un apakšzemes izstrādņu tuvumā dēļ spiedienu pārdalīšanas, dabīgā līdzsvara izjaukšanas, noteiktas frekvences vibrāciju, kas izplatās pa zemi, it īpaši purvainos apvidos, vietās kur karsts ir maksimāli attīstīts un ir platas plaisas un pazemes alas kurās var notikt karsta iegruvumi.

2.3. Karsta procesu ietekme uz pazemes ūdeņu plūsmu, nogulumu filtrācijas īpašībām

Jau esošā karstā filtrācijas ātrums palielinās pateicoties ūdens caurplūšanas caur plaisām vieglumam. Plūsma var iegūt turbulentu raksturu. Iežiem nogrūstot un pārkārtojoties pazemē notiek lokāls plūsmas pārdalījums ar iespējamu plūsmu izeju un jaunu avotu un ūdenstilpņu rašanos, tādu kā, piemēram, karsta ezeri. Šādos gadījumos arī filtrācijas ātrums mainās palielinoties vietās, kur ir lielas plaisas, un, pretēji – samazinoties vietās, kur pie nogrūvumiem notiek pazemes iežu noblietēšanās.

Pie ilgstoši noritošiem karsta procesiem karbonāta un halogēnajos iežos rodas iegruvumu formas – karsta piltuves. Radušās karsta piltuves tā arī paliek dolomītu slānī pat pēc ledus periodiem, pie tam bieži ir neiespējami ieraudzīt šīs karsta formas zemes virspusē, jo Latvijā ir svaigs pēcledušlaikmeta reljefs un virspusē nav nekādu padziļinājumu, kas būtu palikuši pēc karsta iegruvumiem. Atklāt karsta iegruvumu veidojumus, kā arī tos kontūrēt un izmērīt biezumu, ļauj radiolokācijas zemvirsmas zondēšanas metode. 2. att.



2. att. Zemvirsmas struktūras radiolokācijas profils, kas šķērso karsta piltuves centru ar kārtainu pildījumu 44. – 49. piketu rajonā, kur radās nobrukuma krokas (Finkelšteins, 1986).

Karsta piltuvēs dabīgā dolomītu kārtainība tiek traucēta, augstāk iegulušie nogulēju slāņi hipsometriski atrodas zemāk. Tādās vietās rodas apstākļi gruntsūdeņu notecēšanai dziļākos slāņos un filtrācijas koeficients nedaudz atšķirsies no kopējā piegulošajam iecirknim raksturīgā, bet pazemes plūsma maina savu virzienu no lamināras pārvēršoties turbulentā.

3. MATERIĀLI UN METODEDES

Maģistra darbs ir sadalīts vairākās daļās. Vispirms ir apzināta un izpētīta zinātniskā literatūra par šo tēmu. Tad ir savākta informācija par iepriekšējiem teritorijas īpatnību ģeoloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem pētījumiem. Maģistra darbā ir izmantoti gruntsūdeņu līmeņa daudzdienu pētījumu dati, kā arī pētīti atrastie augšdevona perioda nogulumiežu paraugi un veikta korelācija ar jau esošajiem datiem.

3.1. Literatūras studijas

Lai iegūtu nepieciešamo informāciju par maģistra darbā pētāmo tēmu tika apzināta zinātniskā literatūra Latvijas Universitātes Zemes un vides zinātņu bibliotēkā, Latvijas Nacionālajā bibliotēkā un Kauguru bibliotēkā Jūrmalā, kā arī ģeoloģiskā literatūra ciparu formātā no interneta. Rīcībā esošā informācija tika izpētīta un no tās tika izvēlēta piemērota, kura tika izmantota turpmākajos pētījumos.

Literatūras izpētes laikā tika iegūtās zināšanas par iežu un horizontu filtrācijas īpašību būtību un filtrācijas koeficientu atrašanas metodēm, kā arī filtrāciju ietekmējošie faktori. Tika arī izskatīta Pļaviņu horizonta pazemes ūdeņu barošanās, atslodze un dinamika, lai saprastu filtrācijas koeficienta izmaiņas ar dziļumu un pēc attāluma.

Arī iepriekšējos gados filtrācijas koeficients tika izpētīts un iegūts ar eksperimentālajām hidroģeoloģiskajām sūkņēšanas metodēm, jo Slokas apkārtnē notika derīgo izrakteņu (dolomīta) ieguve. Tādēļ tika pētītas atskaites un Valsts ģeoloģijas fondā esošā informācija, kā arī I.Maļikas (2005) un I.Rades (1944) maģistra darbi.

Maģistra darbā ir izmantoti kartogrāfiskie materiāli, kas sniedz informāciju par pētāmās teritorijas ģeoloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem.

3.2. Kamerālie darbi

No Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centra datu bāzes ir apstrādāta un izanalizēta atbilstoša informācija. Šie darbi ir sadalīti vairākās secīgās daļās, sākot ar nepieciešamās informācijas iegūšanu, datu apstrādi un beidzot ar datu interpretāciju.

Sagatavojoties lauka darbiem, tika izvēlēti Slokas dolomīta iegulas vietām vistuvākie iecirkņi.

Tika apstrādāti eksperimentāli lauka apstākļos iegūtie dati, pielietojot Microsoft Excel biroja komplektu un tā pielikumus.

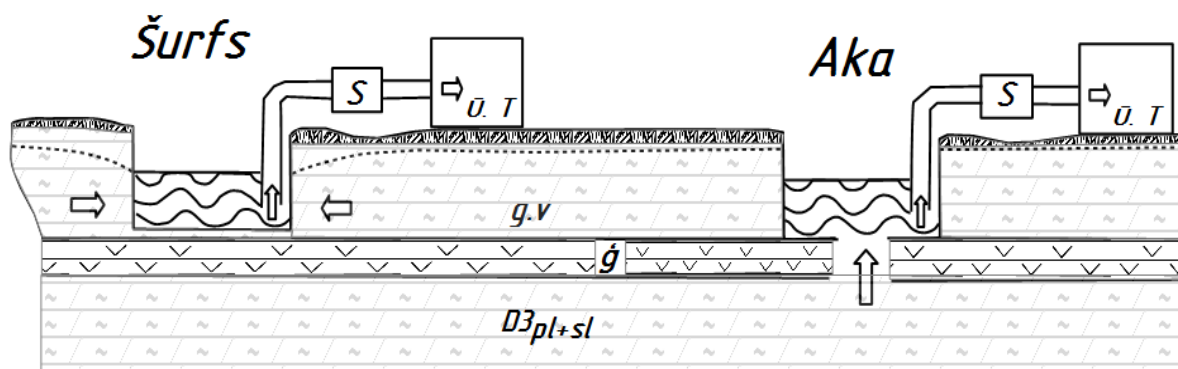
3.3. Datu vākšana un analīze

Dati tika vākti no dažādu gadu atskaitēm kamerālos apstākļos un no paša gruntsūdeņu līmeņa režīma novērojumiem no 2014. gada aprīļa līdz augustam laikā Slokas apkārtnes teritorijā. Datu vākšana notika sūknēšanas no akām eksperimenta veikšanas vietā. Analīze tika veikta vadoties no iegūtajiem aprēķinu datiem, to grafiskās interpretācijas (5.2. nodaļa). Gruntsūdeņu līmeņa režīma novērojumu dati tika ņemti no LVĢMC datu bāzes: novērojumi – pazemes ūdens – Stacija Sloka, 405 un Meteoroloģija – Stacija Kalnciems, kuri turpmāk tika pielietoti analīzei pēc hidroģeoloģisko analoģu metodes.

3.4. Lauka darbi

Lauka darbi veikti divos iecirkņos. Vienā no tiem tika veikti ūdens līmeņa izmaiņu atkarībā no nokrišņu daudzuma sezonālie novērojumi, kā arī veikts darbs filtrācijas koeficientu atrašanai Salaspils – Pļaviņu svītā no šurfa un akas (3. att.). Otrā iecirknī atsūknēšana no akas un urbuma (4. att.).

Pētījumi filtrācijas koeficientu noteikšanai veikti dolomīta atradnes teritorijā uz ziemeļiem no karjera Sloka 1. Tur, kur pēc shematiskās kartes, tāpat kā karjera Sloka 1 teritorijā pjezometriskais līmenis sakrīt ar gruntsūdens līmeni (Turkina, 1971). Atšķirība ir zemkvartāra slāņa uzbūvē, kur eksperimenta vietā atradās 2- 3 metrus bieza Salaspils svīta, kura pārklāj Pļaviņu svītu, karjera Sloka 1 atrašanās vietā zemkvartāra iežus ir sakrāvusi Pļaviņu svīta. Eksperimenta vietā kvartāra slānis ir nebūtisks – 10 līdz 30 cm, tas sastāv no horizontāli iegulošas dārza augsnes, kuru klāj zāles velēna. Sūknēšana notika secīgi, vispirms no akas, kas atrodas 137,39 metru attālumā no šurfa (3. att.), un pazeminājums pie sūknēšanas neietekmēja otrās akas debitu zemāk aprakstīto iemeslu dēļ.



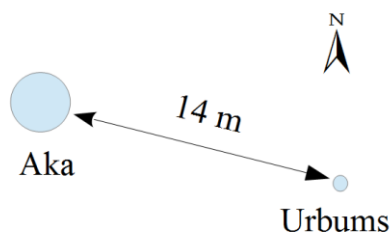
3. att. Sūknēšanas no šurfa un akas shēma (izstrādājis autors).

Apzīmējumi: S – sūknis, Ū.T - ūdens tvertne $1\text{m}^3=1000$ litri, ar bultiņām norādīts ūdens virziens sūknēšanas laikā, g.v – ūdens horizonts ar pastāvīgi mainīgu līmeni līdz 2 metriem, atkarīgs no izkrītošo nokrišņu daudzuma, g – šķiedru ģipša sprosts-lānis, D_{3pl+sl} – Pļaviņu – Salaspils ūdens horizonts.

Šurfam un akai bija atšķirīga konstrukcija. Pirmā aka ar taisnstūra šķērs griezumam, kas bija izrakta izdēdējušos merģēlos un dolomītos, ar dibenu no masīva šķiedru ģipša bez plaisām, kurš ir arī ūdensnecaurlaidīga slāņa virsa. Jāatzīmē, ka aka ir izrakta atektoniskas izcelsmes padziļinājuma vietā, kur ar bioloģijas (rāmju) metodi tika noteikts maksimums, kas norāda uz iecirkņa ūdens bagātību, un, iespējams, uz spēcīgu dolomītu plaisainību. Tā kā šurfa dibens balstījās uz sprotslāni, tad kļūst skaidrs, ka šeit ir tikai gruntsūdeņu horizonts, kas ir atkarīgs no atmosfēras nokrišņiem un iztvaikošanas šajā apkārtnē. Akā ar apaļu šķērs griezumam, kas atrodas 137,39 m attālumā no pirmās, sienas ir necaurlaidīgas un sastāv no diviem betona gredzeniem, kas ir uzstādīti cieši viens pie otra uz gandrīz līdzenas, cietas un viendabīgas šķiedru ģipša virsmas, kur pēc sūknēšanas aizpildīšanās notika tikai caur dibenu, no sprotslāņa šķiedru ģipša plātnes apakšas. Pēc savienoto trauku likuma, šeit jau ir Salaspils un Pļaviņu pazemes ūdeņu horizonts, kas nav atkarīgs no šīs apkāmes nokrišņu un iztvaikošanas izmaiņām tik lielā mērā kā gruntsūdeņi, un tas izceļas ar daudz lielāku pastāvību. Abos gadījumos izlietojuma mērīšana tika veikta pēc ūdens tvertnes piepildīšanās laika t.

Divu iecirkņu uzbūve ir diezgan līdzīga – abos gadījumos ir horizontāli iegulošs masīvs šķiedru ģipša slānis ar paaugstinātu izturību un neplaisains. Manuprāt, šis pats slānis daļēji ir sprotslānis un ar savu svaru rada papildus ūdens pjezometrisko spiedienu - gan visai nebūtisku, jo ūdens, šķiedru ģipša plātnei atsedzoties, nestrūklo uz augšu, bet tāpat kā otrajā akā paceļas gruntsūdens līmeni.

Pēc gada veikta atkārtota izmēģinājuma sūknēšana 2015. gada 22. aprīlī no tās pašas akas, mērot līmeņus divos punktos – akā un urbumā (4. att.), kas tika izurbts 2015. gada 19. aprīlī 14 metru attālumā no akas.



4. att. Otrā sūknēšanas iecirkņa shēma (izstrādājis autors)

Urbuma iekšējais diametrs 3,5 cm, dziļums 13 m. Urbšanas gaitā tika noņemta urbuma serde ar 5 cm diametru. Eksperimenta vietā noteiktais iežu sastāvs ir atšķirīgs, sākot ar kārtaino ģipšakmeni līdz tumši sarkanam cietam dolomītam. Pie urbšanas tika atklāti zilie māli un pelēkas krāsas mergēlis, kā arī kalcīta kristāli kontaktā ar dolomītu. Līmeņi tika mērīti ar plaušķeni ar mērlenti urbumā un ar mērlenti akā. Sūknēšanu no akas veicu ar sūkni, kura jauda ir 7500 l/h, kas tika nolaists 2,5 m dziļumā. Rezultāti parādīja, ka izmaiņas, kuras izraisīja sūknēšana no akas ar kopējo pazeminājumu 131 cm, veidoja kopējo pazeminājumu novērošanas urbumā 5,5 cm.

3.5. Filtrācijas koeficienta aprēķini

Filtrācijas koeficienta atrašanas aprēķinos tika pielietotas specialas hidroģeoloģiskas formulas (Klimentovs 1985), apstrādājot visus eksperimentāli iegūtos datus. Lauka eksperimentos iegūtie dati sakārtoti un atainoti grafikos, parādot pazemes ūdeņu līmeņa izmaiņas sūknēšanas gaitā un pēc sūknēšanas pārraušanas – līmeņa atjaunošanās posmā. Vispirms visiem sūknēšanas eksperimentiem sagatavoti līmeņa izmaiņu laikā grafiki (5.2.1. nodaļa), bet pēc tam, filtrācijas koeficienta aprēķinam pēc grafoanalītiskās metodes sastādīti līmeņa izmaiņu grafiki $S=f(\lg t)$ (5.2.2. nodaļa.). Sastādītajiem grafikiem novilkta līknes pieskares un nolasīti taisnes virziena koeficienti. Izmantojot grafoanalītisko metodi — laika sekošanas veidu, pamatojoties uz grafiku izveidi koordinātēs

$$S-\lg [t/(t_0+t)],$$

Kur: t — atjaunošanās laiks, kura atskaite tiek sākta no sūknēšanas beigām,

t_0 – sūknēšanas ilgums.

Tad, pēc izveidotā grafika $S\text{-lg } [t/(t_0+t)]$, tika atrasts taisnes virziena koeficients C attiecībā pret $(S_2-S_1)/ \lg t_2/(t_0+t_2) - \lg t_1/(t_0+t_1)$. Pēc tam, ņemot vērā pēc grafika nosakāmo virziena koeficientu C , tika atrasts slāņa parametrs – ūdensvadāmība.

$$km = 0,183Q/C$$

Detalizēts aprēķins un novērošanas dati sniegti 5.2. nodaļā un 4. pielikumā.

Šurfa ar ūdensnecaurlaidīgām sienām šķērsriezuma debita atrašanai un analīzei tika izmantoti līmeņa atjaunošanās apstrādes rezultāti. Iegūtais vidējais debits ir vienāds ar 1 cm^3/min . Filtrācijas koeficients tika atrasts pēc Forheimera formulas (Altovskij, 1962):

$$k = \frac{Q}{4S_0r_0} \left(\frac{m}{dnn} \right),$$

kur : Q – akas debits,

S_0 – kopējais līmeņa pazeminājums sūknēšanas laikā,

r_0 – akas rādiuss, ja aka pilnīgi cilindriskas formas.

Formulu ir lietderīgi izmantot pie šurfa sūknēšanas, nosakot mazcaurlaidīgu ūdenssaturu iežu, iegulušu nelielā dziļumā, filtrācijas īpašības. (Altovskij, 1962)

4. SLOKAS APKĀRTNES ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE, HIDROĢEOLOĢISKIE APSTĀKĻI UN KARSTA PROCESI

4.1. Iepriekšējie pētījumi Slokas apkārtnē

Slokas rajona ģeoloģiskās izpētes vēsturei ir vairāk kā 100 gadu. Šajā rajonā pirmie ģeoloģiskie pētījumi notika 1861. -1879. gados. Tos veica K. Grevingkoms, kurš aprakstīja Vidzemes un Kurzemes ģeoloģiju un sastādīja ģeoloģisko karti (Fokina, 1954), bet 1861. gadā noteica galvenās Pļaviņu svītas atšķirīgās pazīmes, atzīmējot, ka karbonāta daļas ir pārsvarā.

1891. gadā K. Rugevičs un vēlāk, 1892. gadā, G. Sadovskis veica Slokas apkārtnes karjeru aprakstu (Fokina, 1954).

1899., 1905. un 1908. gados ģeologs B.Doss veica ģeoloģiskos pētījumus Slokas apkārtnes dolomīta karjeros (Fokina, 1954).

1929. gadā Kēniksbergas firma E. Bieske veica 150 m urbumu Slokā bijušā Celulozes kombināta teritorijā, pēc kura E. Krauss sniedz detalizētu urbuma profila iežu un to biezuma aprakstu. Viņš arī atzīmēja, ka Slokā zem kvartāra slāņa atrodas augšdevona D3g nogulas, un klasificēja augšdevona svītas kā atsevišķu stratigrāfisku vienību (kaut arī bez nosaukuma). R.Pahts 1849. gadā izveidoja klasifikāciju pēc burtiem a-Amatas, b-Pļaviņas, c-Salaspils, d-Daugavas, e-Ogres. Šo klasifikāciju ģeologi lietoja līdz 1951. gadam. Vēlāk pēc P. Liepiņa, kas pētīja devona nogulas, tās tika pārdēvētas pēc ģeogrāfiskajiem nosaukumiem, kas bija tipiski atbilstoši apkaimei un kur šīs svītas atklājās. 1930. - 1937. gados N. Delle turpināja pētīt Slokas ģeoloģiju un, pamatojoties uz iepriekšējiem N. Dossa darbiem un saviem novērojumiem, konstatēja, ka Slokas pilsēta strukturāli ir izvietota uz plakana kupolveida paaugstinājuma (Fokina, 1954), kā arī sastādīja ģeoloģisko profilu Tukums – Rīga - Inčukalns, kas iet gar Sloku, un ģeoloģisko karti (Zemgales Līdzenuma pamatformāciju ģeoloģiskā karte) un kandidāta darbā atzīmēja dolomīta iegulu vietas.

Pēc tam 1944. gadā Slokas pilsētas apkārtnes pētīšanu savā maģistra darbā „Augšdevona d nodaļas nogulumi Slokas un Kalnciema rajonā, turpināja I. Rade (1944), aprakstot rajona ģeoloģisko uzbūvi, sastādīja ģeoloģisko karti un ģeoloģiskos griezumus, diezgan precīzi norādot dolomītu, smilšakmens un merģeļa izplatību, pie tam precīzi sadalot pēc stratigrāfiskām vienībām, izmantojot E. Krausa klasifikāciju, sastādīja ģeoloģisko karti mērogā 1:10000 un ģeoloģiskos griezumus, kas ietver Skolas dolomīta atradņu rajonu.

1948. — 1949. gadu laikā Slokas pilsētas rajonā tika veikti urbšanas darbi nolūkā izpētīt naftsaturību. Šo darbu rezultātā tika sastādīta struktūrģeoloģiskā karte mērogā 1:50 000 (Voļpins, 1949).

Tad 1954. gadā iznāca A.Fokinas (1954) atskaite par detalizētiem Pļaviņu svītas Slokas dolomīta iegulu vietu izlūkošanas pētījumiem. Atskaitē tika parādīti hidroģeoloģiskie pētījumi karjeru tuvumā, izmantojot izpētes grupveida sūknēšanas metodi un nosakot Pļaviņu svītas filtrācijas koeficientu. Darbu veikšanas brīdī karjeri pēc platības aizņēma mazāku laukumu un bija vairāk sadrumstaloti (8. att.).

Turpmākos teritorijas pētījumus būtiski ietekmēja P. Liepiņa 1958. gadā sastādītā Latvijas ģeoloģiskā karte mērogā 1:500 000. Savos darbos P. Liepiņš īpašu vērību veltīja augšdevona nogulām.

Turpmāk Slokas pilsētas apkārtnes dolomītu un ģipšu izpēti un izlūkošanu veica E.Dreijers (Dreijers, 1960, Dreijers, Dreijere, 1962), atkārtoti tika veikti hidroģeoloģiskie pētījumi, pielietojot eksperimentālo sūknēšanu Pļaviņu svītas filtrācijas koeficientā noteikšanai. Pamatojoties uz šiem darbiem darbojās karjers Sloka 2, kurš tika izstrādāts no 1968. līdz 1989. gadam, kad izstrādāšana tika apturēta nelabvēlīgas ietekme uz ekoloģiju dēļ.

Pēc tam A. Freimanis, Z. Meirons un O. Hvečņa sastādīja teritorijas karšu sērijas lapas 0-34-XXX mērogā 1:200 000 (Freimanis u.c., 1966), kas ietvēra arī citus ģeoloģijas virzienus. Šīs kartes nelielās tirāžās tika atkārtoti izdotas arī vēlāk.

Vēl detalizētākas kartes ar atskaitēm ir pieejamas Jūrmalas pilsētas ūdensapgādei paredzētajā 1967.-1971.g. karšu sērijā, ko sastādīja A. Jansons, L. Bendrupe, L. Turkina un citi (Jansons u.c., 1971).

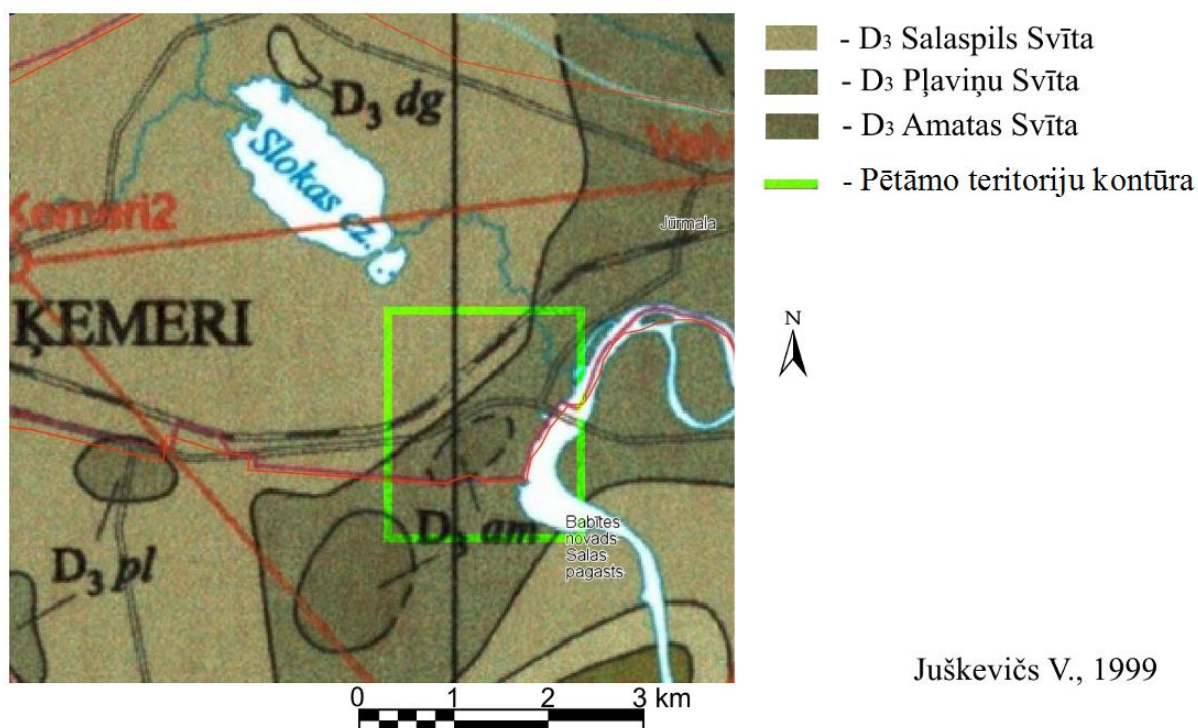
1975. gada notika rajona hidroģeoloģisko apstākļu izpēte pēc izveidotajiem analogajiem – elektroniskajiem modeļiem, kuri ļāva praktiski jebkurā vietā modelēt sūknēšanu, tādā veidā izpētot pazemes ūdeņu kustību un filtrāciju (Anikeeva, 1975).

Pēdējos gadu desmitos ar Latvijas devona nogulumu pētījumiem nodarbojušies V.Sorokins (Sorokins, 1997), Ģ. Stinkulis par Franas stāva karbonātisko daļu (Stinkulis, 2008, Stinkulis, Stinkule, 2013, Grava, Stinkulis, 2014), V. Hodireva par Franas stāva dolomītiem (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

4.2. Ģeoloģiskā uzbūve

Slokas rajons atrodas galvenā devona lauka rietumdaļā, kur lielākajā daļā pētījumu teritorijas zemkvartāra virsmā ir izvietojusies Pļaviņu svīta (5. att.), un tikai lokālos iecirkņos

sastopami jaunāki Daugavas svītas D₃dg nogulumu vai strukturālos pacēlumos – vecākie Amatas svītas D₃am nogulumu.



5. att. Pamatiežu virsmas karte pētījumu teritorijas apkārtnē (Latvijas ģeoloģiskā karte. Mērogs 1:200 000. 42.lapa – Jūrmala, pirmskvartāra kartes fragments)

Amatas svīta D₃am

Amatas svīta D₃am kopā ar to pārsedzošajām Pļaviņu un Salaspils svītām atbilst jaunam devona transgresijas etapam. Atradnes D₃am rajonā svīta sastāv no baltās smilts un sarkanā smilšakmens ar mālu starpslāņiem un lēcām. Svītas biezums Slokas atradnes vietā ir 43,40 m un tā ir atsegta 19,80 m dziļumā. Amatas svīta veido Braņķu kroku kupola velvi, kura izskalojas un iznāk virszemē kā jaunu nogulumu segti 2 – 3 metru biezu kvartāra nogulumieži, virs Braņķu kupola elipses formas kupola dienviddaļas kā kūdra, bet virs pārējās virsmas kā apaugusi ar velēnu, purva podzolētas (kūdras, velēnu – podzolētas - gleja) augsnes segta smilts.

Pļaviņu svīta D₃pl

Slokas apkārtnē Pļaviņu svītu veido merģeļi un dolomīti, kas ir veidojušies augšdevona perioda sākumā (Franas stāvā) pirms 381,21±1,6 miljoniem gadu Pļaviņu svīta veidojās apmēram 2,06±1,6 miljonus gadu. (pēc kopstratigrāfiskas skalas ICS v2015/01 un augšējā devona stratigrāfiskā shēma Latvijā (pēc: Stinkulis, 2004)). Latvijā Pļaviņu svītas griezumā izdala četras ridas, no kurām trīs augšējās dominē dolomīti, bet apakšējā ir vairāk mālaina –

tajā dominē dolomītmerģeļi un māli. Ārpus Latvijas teritorijas Pļaviņu svītas nogulumus tāpat iedala vairākās pasvītās (1. tabula), kas norāda, par izdalīto ridu un pasvītu diezgan plašo reģionālo izplatību.

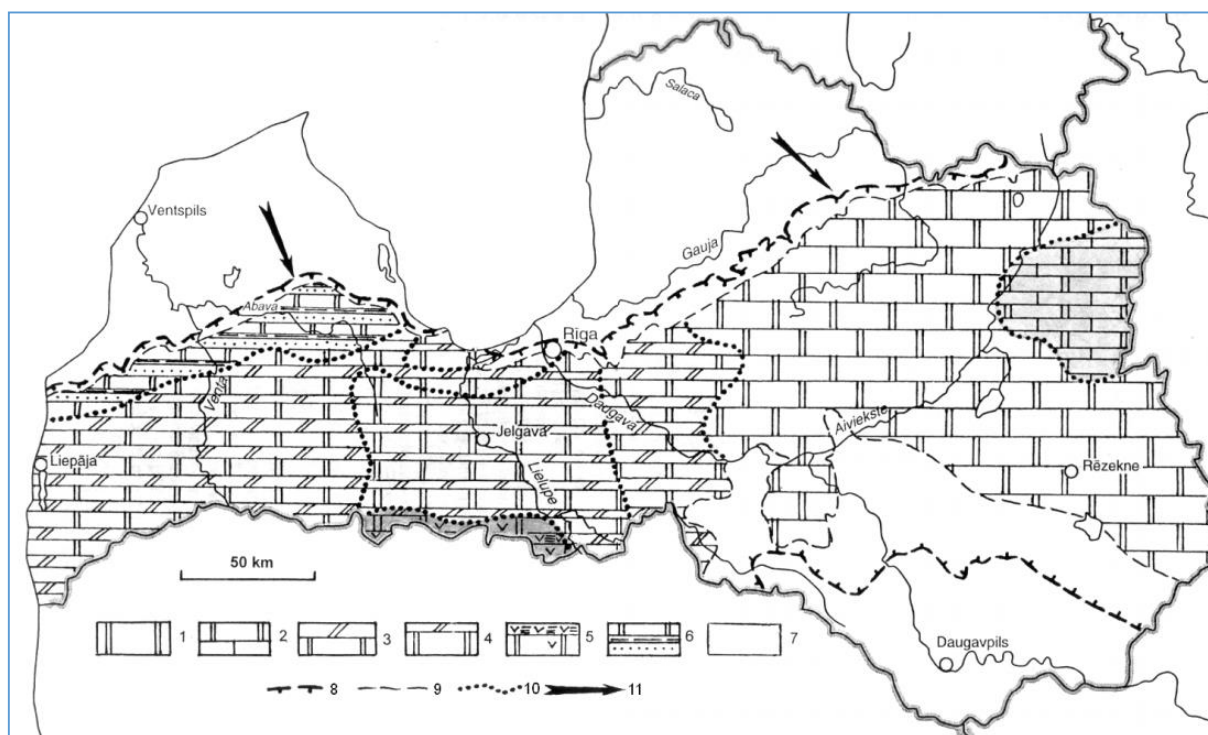
1. tabula

Pļaviņu svītas atbilstības kaimiņvalstu svītām stratigrāfija. (sastādījis autors, izmantojot: Dalinkevičius, 1939; Lukševics, 2001; Stinkulis, 2008; Mark-Kurik E, Pöldvere A, 2012)

Latvija	Krievija, DA Igaunija	Lietuva	Reģionālais stāvs
<i>Rida</i>	<i>Pasvīta</i>		D ₃ Pļaviņu
Apes rida	Chudovo (Velikaja un Šeloņ upes)	Kupiškio	
Atzeles	Verhne Pskov	Suosos	
Sēlijas	Verhne Pskov		
Kokneses	Snetnaya Gora	Jaros	

Slokas un Ķemeru apkārtnē arī Pļaviņu svītai tiek izdalītas 4 daļas vai pasvītas (Fokina, 1954, Driķis, Prols, 1985, Maļika, 2005), kur tāpat augšējās trīs veido dolomīti un apakšējo – dolomītmerģeļi un mālaini dolomīti.

Pļaviņu svītas faciālā izplatība būtiski atšķiras visas Latvijas teritorijā (6. att.), bet Slokas rajonā ir sastopama 3. tipa zonējuma faciija, kurā ir dolomīti (50-75 %) un domerīti (20-35 %).



6. att. Pļaviņu svītas litoloģiski faciālā shēma un izplatība Latvijas teritorijā (pēc Arharova un Birgere, 1979, shematizēta).

Apzīmējumi: Litoloģiski faciālie kompleksi: 1 - dolomīti (80-95 %); 2 - dolomīti (40-75 %) un kaļķakmeņi (20-45 %); 3 - dolomīti (50-75 %) un domerīti (20-35 %); 4 - dolomīti (75-85 %) un

domerīti (līdz 15 %); 5 - dolomīti (līdz 65 %) un māli (10-30 %) ar ģipša piejaukumu; 6 - dolomīti (50-60 %), domerīti (līdz 20 %), smilšakmeņi un māli (līdz 30 %). 8 - Pļaviņu svītas mūsdienu izplatības laukuma robeža; 9 - robeža laukumam, kur Pļaviņu svīta ir izplatīta pilnā apjomā; 10 - litoloģiski faciālo kompleksu robežas; 11 - dominējošais sanesu plūsmas virziens.

Pļaviņu svītas veidošanās laikā, pēc pēdējās rekonstrukcijas (History of continents, 2013), Baltijas paleokontinents atradās ziemeļu puslodes ekvatoriālajos platumos un attiecībā pret patreizējo orientāciju bija pavērsts par apmēram 90° pret pulksteņa rādītāja kustības virzienu. Devona periodā no galvenajām organismu grupām stipri attīstīti bija dažādi bezmugurkaulnieki, mugurkaulainie: bezžokļu; zivis (kaulzivis un skrimšļu zivis); plakodermas, kailsēkļi: mikrosporainie un megasporainie (Drushic, 1974), daži dzīvnieku un augu veidi izmira dažādos periodos, bet daži pastāv līdz pat mūsdienām.

Jūru un okeānu nosēdumi izkrītot no ūdens, parasti ieguļas vienmērīgos horizontālos slāņos, tad tiek pakļauti eksogēno procesu iedarbībai: ķīmiskajai, mehāniskajai un bioķīmiskajai dēdēšanai, kļūst par pārakmeņojumiem, tad atkal sadrūp, izplatās, cementējas un atkal kļūst par jauniem iežiem, un tā kā pagājušais laika periods ir mērāms simtos miljonu gadu, tad, iespējams, ka nogulieži pārveidojas endogēno spēku ietekmē, nav izslēgta arī ārējā kosmiskā iedarbība (meteorītu krišana), kas apgrūtina dažu periodu paleogrāfiskās situācijas rekonstrukciju visā Latvijas teritorijā. Tomēr visi augšminētie faktori nav stipri skāruši Pļaviņu un Salaspils svītas, kuras lielākajā Latvijas teritorijas daļā droši sedz citu periodu nogulieži. Laba izpēte ļāva izveidot Pļaviņu un Salaspils svītu paleogrāfiskās kartes Latvijā un tuvajās ārzemēs, kuras izveidoja Sorokins (Sorokins, 1997).

Pļaviņu svītas slāņu kritums Slokas 1 rajonā ir diezgan krass un 10–15° virzienā uz Vecsloceni. Šāds kritums nav raksturīgs platformām, kur plātnes ir iegulušas gandrīz horizontāli ar 1–2° pakāpenisku kopējo kritumu uz dienvidrietumiem izliekuma platformas struktūras augšējā kārtā (Baltijas sineklīzē), bet gan vietā, kura ir pakļauta iekšējiem endogēnajiem spēkiem, tādiem kā lūzums un lokālie pacēlumi, kas ir parādījušies platformas attīstības otrajā posmā. Mēdz būt atkāpes no vispārīgajiem platformas apstākļus noteicošajiem nosacījumiem, tieši kā vietā Slokas pilsētas tuvumā, kur ir gan tektoniskais lūzums, gan trešās kārtas lokālais pacēlums, kas ir noteikts kristāliskajā pamatā. Apvidus atrodas Slokas vaļņa ziemeļu daļā, otrās kārtas pozitīvā struktūra ir izstiepusies dienvidrietumu virzienā, paralēli Baltijas sineklīzei un kurā ir virkne lokālu trešās kārtas brahiantiklinālu kroku struktūru. Pļaviņu svītas griezumā skaidri izceļas četri sedimentācijas ritmi - apakšējais (Kokneses), divi vidējie (Sēlijas un Atzeles) un augšējais (Apes), katram ritmam piemīt raksturīgas iezīmes, kas izpaužas kā transgresija, nelielas regresijas epizodes pie jūras un nogulu uzkrāšanās

nosacījumi, kuri ietekmē iežu sastāvu un atšķirības organismu kompleksos. Pļaviņu svītas dolomīti veidojās karsta klimata apstākļos un tiem ir jūras izcelsme un tie nogulsņējās iesāļā seklā jūras lagūnā. Atkarībā no ritma dolomīti pēc izcelsmes mainījās sekundārajos, tādēļ ir tik daudz atšķirību pļaviņu svītas dolomītos pēc biezuma pie pilna petrogrāfiskā apraksta. Pļaviņu svītu Slokas 1 atradnē aprakstīja un izpētīja petrogrāfe I. Apinīte, kura pētīja 25 slīpņus no 12 slāņiem sastāvošās pļaviņu svītas paraugiem.

Salaspils svīta D3slp

Rajona rietumdaļā pie meža masīva robežas zemkvartāra virsmu ir veidojusi Salaspils svīta, kurā pārsvarā ir ģipši, merģeļi un māli. Svītu daļēji ir skārusi erozija, bet tajā pašā laikā tā pārklāj Pļaviņu svītu. Jaunākie Daugavas D3dg svītas nogulumi Slokas teritorijā, domājams, ka ir pilnīgi erodēti, un ir palikuši tikai nelieli laukumi Slokas ezerā, Slokas asimetriskās lokālās struktūras vietā. Uz šī elipses formas pie interpolācijas plaknē brahiantiklinālā pacēluma pie virsmas nav Pļaviņu svītas, zem kvartāra nogulumiem atrodas Amatas svīta. Braņķu krokas ass līnijas garums ir 1,1 km horizontālā šķērsgriezumā uz ģeoloģiskās kartes - 5. att., tā ieguļas starp diviem izstrādātiem karjeriem Sloka 1 un Sloka 2 (Dreijers, 1962).

Kvartāra nogulumi Q

Kvartāra nogulumi pēc biezuma no 0,10 līdz 27,25 metriem (biezums palielinās uz austrumiem no Slokas pilsētas), pārsvarā ir Litorīnas jūras nogulumi (mQ4lt), aleirīti, smilts, dūņas, smilšainās grants aluviāla (aQ4) nogulumi gar Lielupes upi un Vecsloceni upi līdz dzelzceļam, kas sastāv no smilts, bieži ar organiskiem un putekļu starpslāņiem, kā arī no olāja un sapropelīta. Dažreiz virs pietiekami plakanas pamatiežu virsmas ir sastopami glaciogēnie (gQ3ltv) morēnu nogulumi un morēnas smilšmāls. Atsevišķos Slokas ziemeļu un austrumu daļas iecirkņos ir sastopami eolie nogulumi - smalkās kāpu smiltis (aQ4), bet rietumdaļā vietām ir sastopami purvu nogulumi, kūdra.

Iecirknī ap izstrādāto karjeru Sloka 1 kvartārie nogulumi galvenokārt ir pārstāvēti ar trūdzeni, dažādu graudainu vāji mālainu smilti un ļoti reti zāļu kūdras biezumā 0,5 — 1m, izņemot atmešu vietas. Biezums svārstās no 0,10 līdz 2,55 m, absolūtās kvartāra nogulumu virsmas atzīmes svārstās no 0,64 m līdz 2,34 m.

Pilsētas teritorijas (ielu, ceļu, ēku) labiekārtošanas procesā, būvējot dažādas pazemes komunikāciju trases, reljefs daudzviet ir izlīdzināts, kā arī uzbērts. Ir pārrakta un sajaukta

dabiskās izcelsmes grunts, tādēļ reljefa virsējā daļā dažādā dziļumā veidojas tehnogēnā grunts (tQ₄).

4.3. Hidroģeoloģiskie apstākļi

Sloka un tai pieguļošā teritorija atrodas Baltijas artēziskā baseina centrālajā daļā, virs senās Austrumeiropas platformas (Baltijas paleokontinenta) kristāliskā pamata, kurā ir būtiski pārrāvumu traucējumi (Sloka – Cēsu lūzums) uz dienvidiem no Slokas, nogulumieži iegūlas monokliāli, to kopējais biezums pie Slokas - 900 m, nogulumieži strukturāli sastāv no diviem struktūrstāviem, 1. – Baltijas – Maskavas sineklīzēs no kembrija līdz vidējā devona sākumam un 2. Baltijas sineklīzēs – sākot no vidējā devona (Igolkina, 1970). Ūdeņi šajās dziļajās struktūrās ir spiedienūdeņi un uzkrāti ilgstošas ģeoloģiskās pagātnes laikā, ūdeņu pārvietošanās ātrums ir no 3 cm/gadā līdz 10 m/gadā robežās. Mineralizācija un temperatūra palielinās līdz ar dziļumu, bet ūdens daudzums ar dziļumu samazinās (Garrels, 1971).

Pētāmās teritorijas virszemes un pazemes ūdeņu noteces baseins ir Baltijas jūrā, kas pašreiz ir okeāna šelfs. Hidroģeoloģiskie apstākļus pie virsmas nosaka zemienes reljefs, ko dienvidos drenē Lielupes upe, bet rietumos – Vecslocenes upe. Abas upes ir ar jaukto barošanos. Ziemeļu daļā gruntsūdeņu plūsma virzās Rīgas līča virzienā. Hidroģeoloģiski Sloka atrodas Lielupes upes baseinā, kurš aizņem 13,7 % Latvijas kopplatības ar laukumu 8849,27 km². Pie Slokas Lielupe maina gultnes virzienu no meridionāla uz platuma grādos orientētu, veidojot līkumu, kaut līdz jūrai paliek tikai 3 km. Tas ir saistīts ar rajona strukturālajām īpatnībām. Sloka rajonā Lielupes upes līmenis ir minimāls. Līdz tās ieplūšanai Baltijas jūras Rīgas līcī līmenis svārstās no 0,65 m līdz 1,40 m. Lielupes upe plūst pa vāji izveidotu ieleju, kuras dziļums nepārsniedz 2 metrus, maksimālais platums Sloka rajonā sasniedz 3 km. Aptuveni 90 dienas gadā līmenis Lielupes upē pie Slokas ir zemāks nekā augstāk pa straumi – Bulduros, bet tas nozīmē, ka 90 dienas gadā ūdens no jūras ar uzplūdu – atplūdu procesiem paceļas pret straumi līdz pat 100 km no grīvas, kas izraisa ķīmiskā, ūdens upē sastāva izmaiņas, pazemes un virszemes noteces upē ātrums samazinās.

Dolomīta atradņu Sloka teritorijā nav meža, ir stipri attīstīts teritorijas nosusināšanas meliorācijas tīkls – iepriekš teritorija bija pārpurvojusies. Ir struktūrpacēlums, tādēļ kvartāra ūdeņiem ir nebūtisks biezums un bieži tie sastāv tikai no atmosfēras nokrišņiem, kuru ir vairāk nekā iztvaikojums. Lietavu un sniega kušanas laika notiek tekošo ūdeņu ģeoloģiskais darbs, kuri veic platības noteci Lielupes un Vecslocenes upēs, kuru ielejas palu laikā applūst. Uzplūdu laikā, pēdējos divos gados, kad es veicu novērojumus ziemā – janvārī, kurus izraisīja

sniega kušana un vējuzplūdu process no jūras, applūda liels virsmas laukums pazeminājumu vietās arī aiz Slokas uz augšu gar Lielupes straumi Jelgavas virzienā. Visu cēloņu kopuma rezultātā notiek zemsedzes, kas sastāv no purva podzola (kūdras un velēnu-podzola-gleja) augsnēm un kvartāra slāņa, paātrināts noskalojums jeb ablācija. Pie tam virszemes plūsmas iznes vieglākās un sīkākās kvartāra perioda grunts daļiņas, atstājot ledāja atnestos lielākos laukakmeņus un oļus, bet pamatieži atklājas tuvu virsmai.

Kvartāra ūdens horizonti un sprostsļāņi

Kvartārie gruntsūdeņi ir saistīti ar smilšaino un kūdras nogulumu slāni un atrodas kontaktā ar Pļaviņu un Salaspils svītas ūdeņiem, kuri cirkulē dolomītos.

Kvartāra ūdeņi virs Salaspils svītas, kura satur ģipša starpslāņus, ir sarežģītāki un daudzveidīgi, satur ūdenī izšķīdušus sulfidus, kuriem ir pūstošam olbaltumam raksturīga smaka. Ūdeņi koncentrējas pārtraukti noteikta litoloģiska sastāva vietās, skat. 2. tabulu. Vizuāli atklāt sērūdeņraža klātbūtni var vasaras laikā, kad ir maz atmosfēras nokrišņu. Paņemot šo ūdeni no izžūstošiem virszemes horizontiem sērūdeņraža avotu tuvumā un ievietojot to rezervuārā, tad atstājot laukā, it īpaši gaismā, sērūdeņraža ūdens ātri kļūst duļķains sēra izdalījumu dēļ. Tas notiek sērūdeņraža oksidācijas ar gaisa skābekli dēļ (Gļinka, 1985).

2. tabula

Ķemeru-Jaunķemeru kvartāra ūdens kompleksa raksturojums (Prols, 2010)

Ūdens horizonts vai sprostsļānis	Ģeoloģiskais indekss	Litoloģiskais sastāvs
Purva nogulumu ūdens horizonts	b Q _{IV}	Kūdra ar retām sapropeļa starpkārtām
Lītoņinas jūras nogulumu ūdens horizonts	m Q _{IV} lit	Smalkgraudaina smilts
Baltijas ledus ezera glaciolimnisko nogulumu ūdens horizonts	gl Q _{III} IV	Smalkgraudaina smilts ar retām aleirīta starpkārtām
Latvijas horizonta glaciogēno nogulumu sprostsļānis	g Q _{III} IV	Smilšmāls un mālsmilts ar oļu un zvirgzdu piejaukumu

Salaspils un Pļaviņu ūdens horizonti

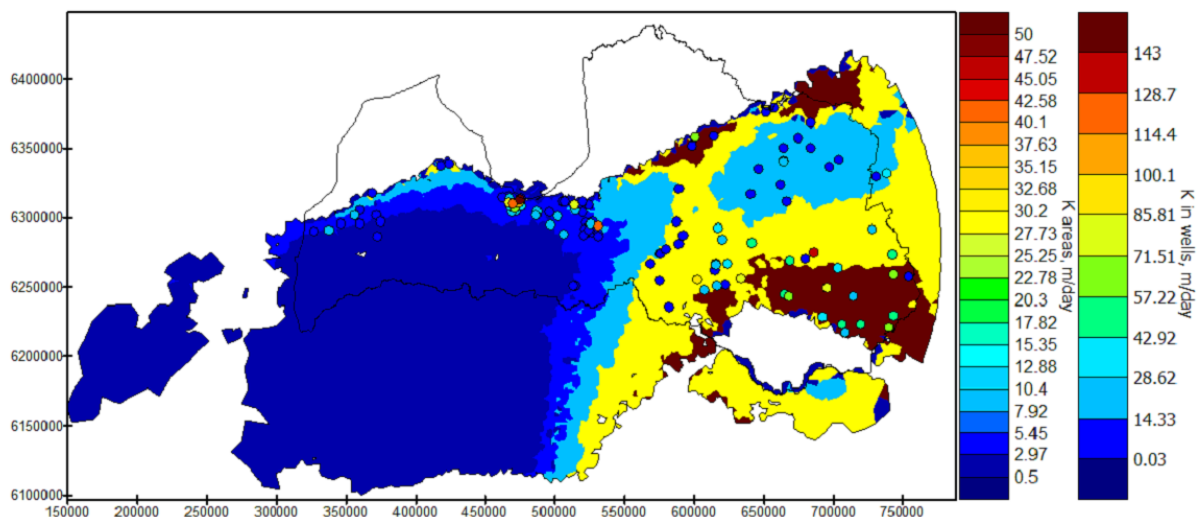
Hidroģeoloģijā pie kompleksas ģeoloģiski – hidroģeoloģiskas kartēšanas mērogā 1:200 000 tiek dots ūdens nesējhorizontu vispārējais raksturojums, pie tam Salaspils un Pļaviņu horizonti ir apvienoti kopējā Sargajevas horizontā (Jansons, 1971).

Rietumos no Slokas un Kauguriem Pļaviņu ūdens nesējslāņa horizontā ieplūst augstāk iegulušā Salaspils ūdensnesējslāņa horizonta ūdeņi, kas pēc minerālā sastāva ir tuvāki sulfāta, sulfāta hidrokarbonāta un kalcija - magnija tipam (Jansons, 1971). Galvenokārt tas notiek vietās, kur Pļaviņu svītu no augšas pārklāja Salaspils svīta. Salaspils ūdensnesējslāņa horizonta ūdens plūsma virzās ziemeļaustrumu virzienā uz Rīgas jūras līča pusi, kur Salaspils svīta izķīlējas.

Pļaviņu horizonta ūdeņi teritorijas lielākajā daļā ir spiedienūdeņi, izņemot tikai iecirkņus kur horizonts ir iegul tuvu zemes virsmai. Spiediens ir atzīmēts no 1,3 m līdz 30,8 m, Statiskā līmeņa dziļums no +0,5 m virs zemes virsmas līdz 6,8 m. Urbumu debiti no 1,9 l/sekundē līdz 13,8 l/sekundē, īpatnējie debiti no 0,5 l/sekundē līdz 32 l/sekundē. Pārsvarā ir 3-5 l/sekundē debiti, īpatnējie debiti 1-2 l/sekundē. Pilns horizonta biezums svārstās 11,8 m - 17,6 m ietvaros, vidēji - 15 m. Horizonta barošanās galvenokārt notiek uz augstāk iegulūšo Salaspils svītas ūdensnesējslāņu rēķina. Pļaviņu horizonta iecirkņos ar nelielu iegulumu barošanās notiek uz gruntsūdeņu, atmosfēras un virszemes ūdeņu rēķina. Horizonta ūdeņu attece notiek kā atklātās ūdenskrātuvēs, tā arī upē Lielupe.

I.Semjonovs (1995) darbā par Latvijas pazemes ūdeņiem apkopojis informāciju par Pļaviņu-Amulas ūdens horizontu kompleksa hidroģeoloģiskajiem parametriem (D3pl-aml ūdens horizontu komplekss ietver savstarpēji hidrauliski saistītos Franass stāva Amulas, Stipinu, Ogres, Pamūšas, Katlešu, Daugavas, Salaspils un Pļaviņu horizontus), kas nosacīti raksturo arī Pļaviņu horizonta filtrācijas īpašības. Noteiktie parametri ir sekojoši: nogulumu filtrācijas koeficients 1-25 m/dnn, ūdensvadāmības koeficients (km) 50-1000 m²/dnn, pjezovadāmības koeficients (a) no 3,4x10⁵ līdz 3,1x10⁷ m²/dnn un ūdensatdeves koeficients (μ) 7x10⁻⁴. Ūdeņu mineralizācija ir 0,5-0,8 g/l, retāk, vietās, kur horizontā ieplūst Salaspils horizonta iesāļūdeņi ūdens mineralizācija var pieaugt līdz 1,8-2,5 g/l (Semjonovs, 1995).

Pļaviņu horizonta filtrācijas koeficienta vērtības analizētas Baltijas artēziskā baseina hidroģeoloģiskā modeļa izveidei, un tika konstatēts, ka reģionāli koeficienta vērtības ir salīdzinoši viendabīgas (7. att), bet lokāli, īpaši Slokas apkārtnē tās var būt ar augstu mainību, uz ko norāda atšķirīgo vērtību punkti kartē (7. att).



7. att. Pļaviņu svītas nogulumu filtrācijas koeficienta (K) vērtības Baltijas artēziskā baseina matemātiskajā modelī. Krāsu laukumi – aprēķinātās K vērtības (m/dienā), punkti – eksperimentāli noteiktās K vērtības (m/dienā) urbumos (Pērkone E, 2012).

Salaspils svīta un Pļaviņu svītu pārklājošā saskaras tikai uz ziemeļrietumiem no Slokas, kur tās biezums ir nebūtisks, bet šeit tā atrodas kontaktā ar kvartāra ūdeņiem iekļūstot aerobajā un aerobi-anaerobajā zonās (Prols, 2009). Šeit ūdens filtrācijas īpašības ir ļoti mainīgas, sprostslnāņa (D3slp) Slokas apkārtnē filtrācijas koeficients ir 0,0001 m/dienā (Šeka, Kiadovščikova u.c. 1984), neizjauktā stāvoklī vāji caurlaidīgā un neplaisainā ģipša slānī, bet citos pieguļošajos rajonos (starp Ķemeriem un Kūdru purvā, uz rietumiem no Slokas) tika fiksēti filtrācijas koeficienti 754 – 133 m/dnn (Driķis, Prols u.c., 1985). Filtrācijas koeficientu D3slp sprostslnānī ir grūti noteikt tuvu virsmai iegulušā cietā un praktiski necaurlaidīgā šķiedru ģipša slāņa dēļ, tādēļ filtrācijas koeficients daudzējādā ziņā ir atkarīgs no litoloģiskajām un faciālajām izmaiņām, kuras ir šeit. Aktīvas dārzkopības darbības vietās (Kooperatīvā sabiedrība apvienība Slocene teritorijā) filtrācijas koeficients palielinās proporcionāli aku, grāvju, šurfu, urbumu daudzumam, kuri barojas no gruntsūdeņiem un jauktajiem Pļaviņu un Salaspils horizontu ūdeņiem un traucē dabīgo struktūras iekārtu, veidojot papildus ceļus un kanālus ūdens caurplūšanai (mākslīgā plaisainība). Vietās, kur masīvie ģipša slāņi iegul gandrīz horizontāli lielās platībās, rodas necaurlaidīgs ūdens aizturslānis, ir zināms, ka ģipsim $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ minerāla kristāliskā režģa sastāvā ir saistīts kristalizācijas ūdens, kuru ar sildīšanas palīdzību var izdalīt tikai kristāliem sabrūkot, t.i. iznīcinot šo minerālu.

Amatas ūdens horizonts

Hidroģeoloģijā pie kompleksas ģeoloģiski – hidroģeoloģiskas kartēšanas mērogā 1:200 000 tiek dots vispārīgais ūdens nesējhorizontu raksturojums, pie tam Amatas (Amatas

D_{3am}) un Gaujas (Gaujas D_{3gj}) horizonti ir apvienoti kopējā Šventojas horizontā (Jansons, 1971).

Ūdens cirkulē smilšakmeņos ar aleirolīta un mālu starpslāņiem. Amatas ūdens horizonts ir spiedienūdens horizonts. Tā pjezometriskais līmenis ir nedaudz zemāks par Pļaviņu svītas statisko līmeni. Iznāk tuvu virsmai Slokas lokālajā pacēlumā augšminēto Braņķa un Kašķu kroku savienojumā, kā arī tuvu karjeru Sloka 1 un Sloka 2 dibenam. Pēc minerālā sastāva ūdens ir pieskaitāms dzeramajam bikarbonātu – kalcija – magnija un sulfātu - magnija tipam, ar mērenu cietību. Pēc visām augšminētajām pazīmēm šeit ir iespējami Amatas ūdens nesējhorizonta dzeramā ūdens avoti, jebkurā gadījumā avoti var tieši ieplūst tuvējās upēs un strautos, kā arī karjeros Sloka 1 un Sloka 2, kur atveras Amatas ūdens nesējhorizonts.

4.4. Karsta procesi

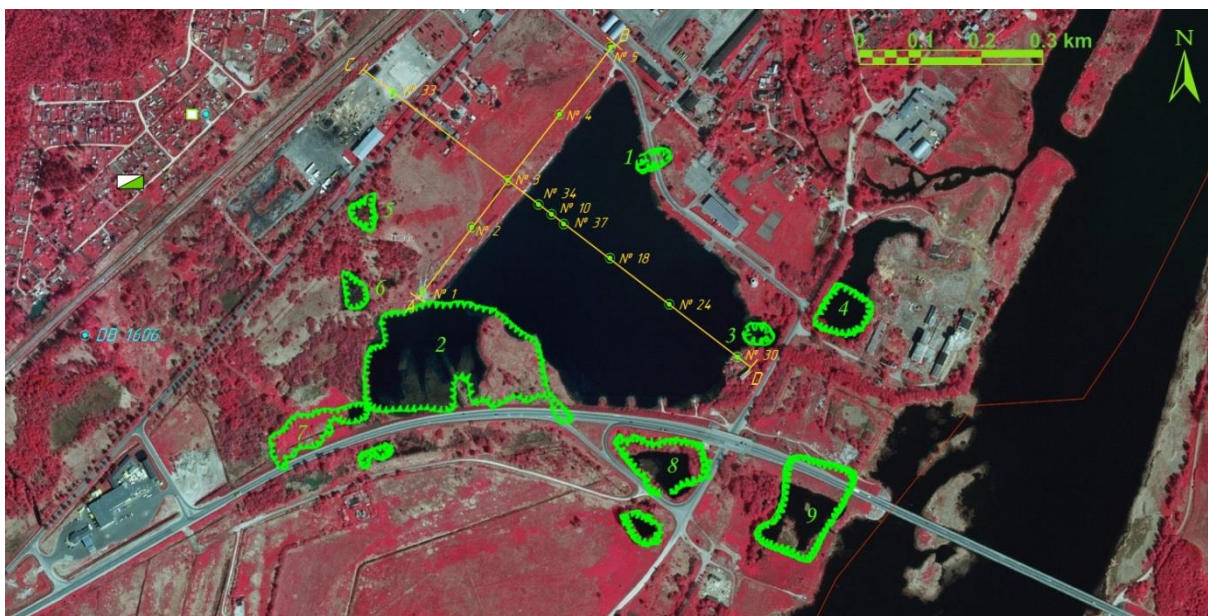
Karsta procesi Slokas rajonā ir maz pētīti, ziņas par karstu ģeologi ir snieguši tikai dolomīta karjeru izstrādes laikā pēc 1954. gada (Fokina, 1954). Karstainības parādības tika novērotas darbojošā karjerā. Kavernu apjoms vidēji veidoja 12,8 %, pie tam lielākais kavernu procents tika piesaistīts vāji merģeļiem dolomītiem un merģeļiem dolomītiem, mazāks procents - stipri merģeļiem dolomītiem un dolomitizētiem merģeļiem. Kavernas un poras bija piepildītas ar gruntsūdeņiem. Pašreiz reljefa karsta formas, iegruvumi un karsta piltuves Slokas rajonā nav novērojamas. Vislielākā karsta procesu attīstības iespēja varētu notikt Slokas rietumu, ziemeļrietumu daļā, jo augšējos zemkvartāra slāņos nogulsņējas ģipši (sulfāti), kuri visvairāk veicina karsta attīstību. Tādā gadījumā dolomīta (karbonāta) karsts mijas ar sulfāta karstu. Struktūras ziņā uz brahiantiklinālās struktūras spārnēm karsts attīstās intensīvāk, tādēļ visticamāk, ka karsts attīstīsies ap izstrādātajiem karjeriem, t.i. uz Slokas struktūrpacēluma spārnēm. Pamatojoties uz datiem, ko ģeologi ir ieguvuši pie karjeru izstrādes un uz globāliem ģeoloģiskiem notikumiem, kas norisinās lēni pēdējā leduslaikmeta laikā, ar sekojošiem notikumiem, kuri saistīti ar ledāja atkāpšanos, var pieņemt, ka karsta attīstība ir saistīta ar ķīmisku denudāciju un šķīšanas un izskalošanas īpatnībām karbonāta, halogēnos un sērūdeņraža (sāļos) iežos, ko nosaka karbonātu aprīte dabā dzīves uz zemes nodrošināšanai patreizējā evolūcijas etapā.

4.5. Dolomītu ieguve Slokas apkārtnē







Dolomīta ieguve Slokā notika jau kopš 19. gadsimta beigām, dolomīts tika izmantots romancementa ražošanai rūpnīcās, kas bija uzbūvētas turpat netālu.

4.5.1. Dolomīta ieguve Sloka 1 lauka atradnēs

Pēc 1950. gada Pļaviņu svītas dolomītu ieguva karjerā Sloka 1, kur derīgo slāņkopu veidoja merģeļaina un stipri merģeļaina dolomīta slāņmija (skat. 9. un 10. att.). Iegūtais materiāls tika izmantots romancementa un plēsto akmeņu ražošanā. Aprēķinātā dienas izstrāde veidoja 40 m³. Romancementa ražošanai paredzētais dolomīts visa perioda laikā tika iegūts 25 000 m³ gadā, tā pietika 21 gadam. Pa to laiku apkārt jau bija 9 karjeri (8. att) ar kopējo platību 91276 m², kuru kopplatība, kas tika izmērīta ar planimetru, veidoja 91 276 m². Tie visi bija ūdens pilni ar kopējo tilpumu 456400 m³.

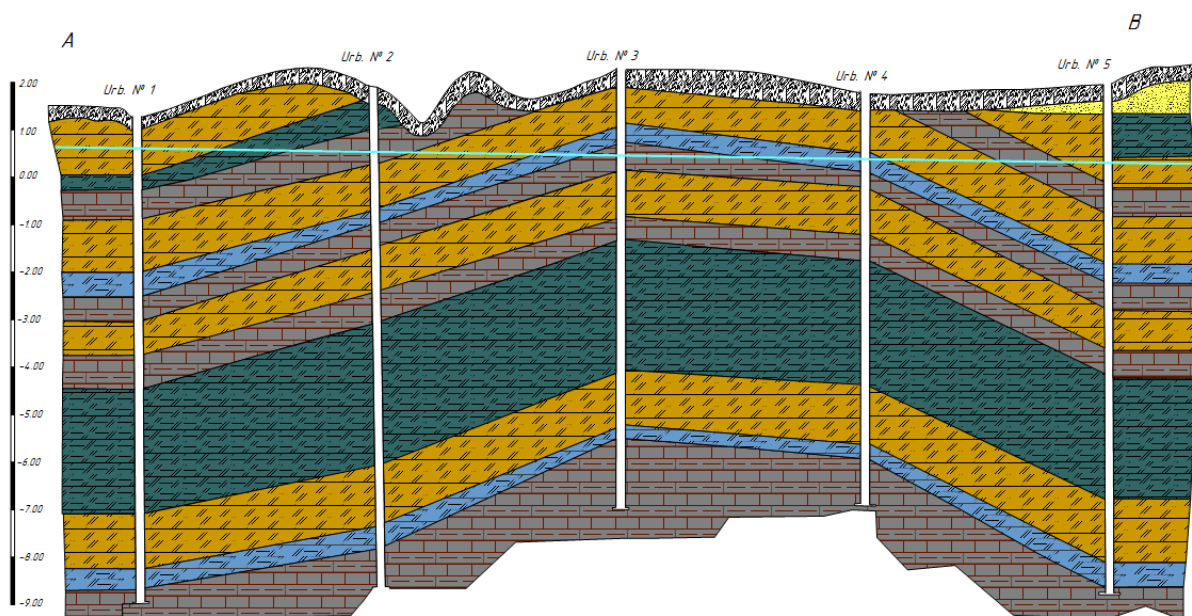


Apzīmējumi:

-  Ģeoloģiskā griezumā līnija
-  Veco karjeru robežas
-  №. Urbumi ar numuru griezumā (pēc Drejers u.c.1954)
-  Šurfs (no maniem pētījumiem)
-  Aka un urbums (no maniem pētījumiem)
-  DB 1606 Pļaviņu urbums (Novērojumu stacijas Sloka 405)

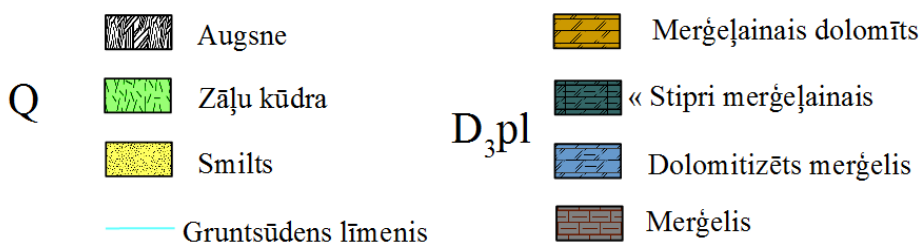
8. att. Dolomītu ieguves karjeri Sloka 1 (satelīts, 3.etapa ortofoto NIR), numerācija attēlā ņemta vadoties no fonda arhīva atskaites par 1954.g. (pēc A.Fokinas 1946.g. kvartāra veidojumu kartes.)

Pēc ieguves apturēšanas karjerā Sloka 1, pirmais, otrais un trešais karjers tika apvienoti vienā dziļūdens rezervuārā ar maksimālo dziļumu 11 m un aizpildījās, ceturtais, pie fabrikas, tika paplašināts un arī aizpildījās ar ūdeni pēc dolomīta ieguves pārtraukšanas. Pārējie karjeri – 5., 6., 7., 8. un 9. praktiski netika padziļināti ieguves nolūkos, to kontūras mainījās dabīgu iemeslu dēļ. 5., 6. un 7. lielākoties ir pārpurvojušies un aizauguši ar purva augiem. 8. un 9. karjeri atrodas uzbūvētā tilta pār Lielupes upi tiešā tuvumā un tika samazināti aizbēršanas ceļā autoceļu izbūves laikā.

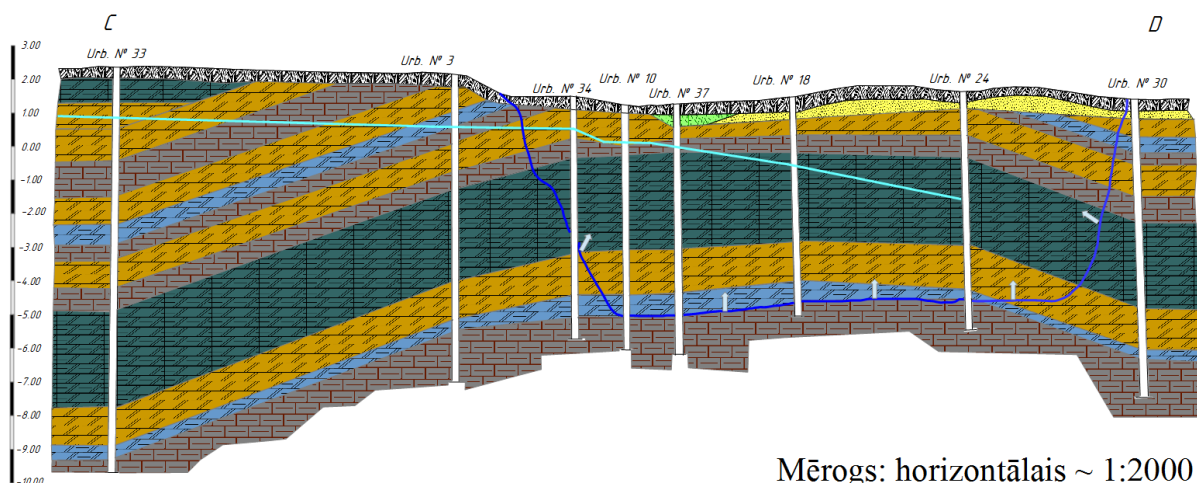


Mērogs: horizontālais ~ 1:2000
Vertikālais ~ 1:100

Apzīmējumi:

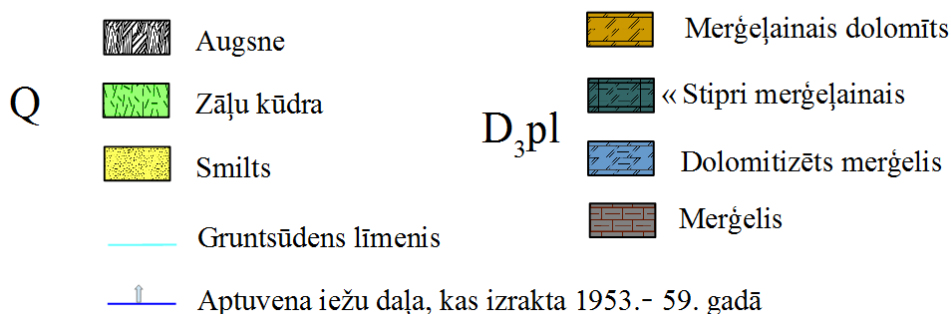


9. att. Ģeoloģiskais griezumā pa līniju A-B (pēc Dreijers u.c., 1954)



Mērogs: horizontālais ~ 1:2000
Vertikālais~1:100

Apzīmējumi:



10. att. Ģeoloģiskais griezumus pa līniju C-D (pēc Dreijers u.c., 1954)

4.5.2. Dolomīta ieguve Sloka 2 lauka atradnēs

1962. gadā sākās detalizēti pētījumi jaunas vietas atrašanai dolomītu ieguvei Slokā 2, kas atrodas lejup pa ceļu, kas iet Līkumciema virzienā, 1,5km attālumā no bijušās romancementa fabrikas. Karjerā tiek iegūts Pļaviņu svītas dolomīts ar lielu merģeļa piejaukumu romancementa ražošanai pēc aprēķina 40 000 tonnu gadā. Ieguve notika mehanizētā veidā, izmantojot sprāgstvielas un ekskavatorus. Pēdējie Pļaviņu svītas dolomīta krājumu Slokas 2 atradņu teritorijā aprēķini notika 1990. gadā - 0,9 milj. m³ - izpētītie, 4,7 m³ - novērtētie, 4,6 m - derīgais slānis, 2,0 m - segkārtā (Kondratjeva, Hodireva, 2000).

Tā kā iegūstamais dolomīts atradās zemāk par gruntsūdens līmeni, darba laikā karjeros zem jūras līmeņa notika pastāvīga sūknēšana gruntsūdeņu līmeņa pazemināšanai. Ieguves laikā tika organizēta ūdens novadīšana uz upi pa irigācijas kanālu ar sūkņu palīdzību. Aprīļa palu laikā gruntsūdeņu līmenis strauji cēlās un dolomīta ieguves vieta tika applūdināta, tādēļ tika izmantota inženierbūvju aizsardzība uzbūvēta zemes uzbēruma (dambja) veidā, kas

pārsniedza ūdens līmeni palu laikā. Pēc pieejamajiem datiem, karjera darbības laikā no karjera Sloka 2 tika sūknēti 1,0 — 1,5 tūkstoši m³/diennaktī.

Pēc darbu pārtraukšanas karjerā un sūknēšanas pārtraukšanas karjera nosusināšanas nolūkā, karjers piepildījās ar ūdeni, pie tam kopējais gruntsūdeņu līmenis pieguļošajā teritorijā nedaudz paaugstinājās. Sakars ar pazemes ūdeņiem turpinās. Tā kā līmenis ir tāds kā gruntsūdenim, tas, sekojoši, ir aizpildīts ar jauktiem Pļaviņu ūdens nesējhorizonta un lietus nokrišņu ūdeņiem. Ūdenstilpne iegūst savas pašas īpatnības sakarā ar parādījušos dzīvo organismu dzīvības procesu norisi. Notiek nogulu uzkrāšanās process, bet atšķirīgs no iepriekšējā, kad veidojās dolomīti. Izveidojas sapropelīts no atmirušām ūdenszālēm un pie mehāniskas dolomītu miltu izneses no pieguļošajiem dolomītiem. Vēl nav līdz galam izpētīts kā evolucionē šis jaunais slānis, tā kā nav īsti zināms kā cilvēks ietekmē evolūciju kopumā - iespējams parādīsies jauni nogulumieži vai slānis tiks noskalots ātrāk, jo atlikumu nogulsnešanās galvenokārt notiek jūrās un okeānos un vietās, kuras ledus laikmetu laikā nepārklāj ledāji. Viss ir atkarīgs no tā cik ilgi patreizējie karjeri paliks dabīgā stāvoklī, kas attīstoties infrastruktūrai un eksodinamisko procesu ietekmē ir maz ticams.

Karjera izstrādes un pazemes ūdeņu iedarbība uz karejam pieguļošajiem iežiem:

Darba karjerā laikā rodas depresijas piltuves, kas ir saistīts ar ūdens nesējslāņa pārrāvumu un karjera susināšanas sūknēšanu, notiek arī pieguļošās teritorijas noteiktā rādiusā nosusināšana uz laikā. Pie tam tiek traucēti dabīgie procesi iežos. Kavernas un poras tiek izsusinātas, kas veicina iežu iegruvumus un noblietēšanos, bet iežu mehāniskās īpašības mainās, tie kļūst trausli un lūstoši. Pēc karjera darba pārtraukšanas pieguļošā teritorija kļūst noblietētāka, samazinās filtrācijas koeficients ietvaros, kuros ir bijusi depresijas piltuve.

5. DOLOMĪTU FILTRĀCIJAS ĪPAŠĪBAS SLOKAS APKĀRTNĒ

5.1. Iepriekšējo pētījumu rezultāti

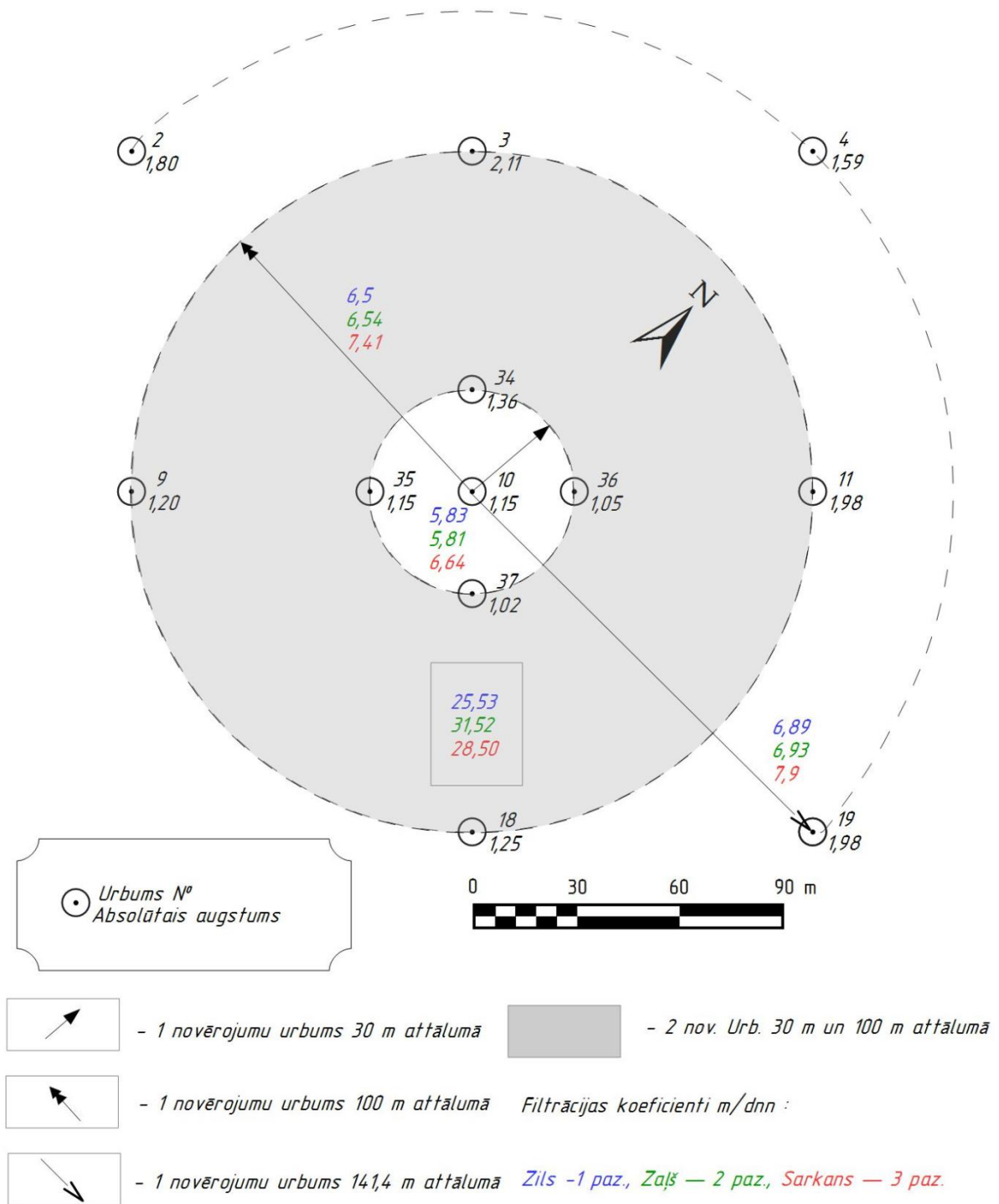
5.1.1. Sūknēšana dolomītu atradnē Sloka 1 laukā

Filtrācijas koeficienta noteikšana Slokas dolomīta atradņu rajonā 1953. gada izpētes darbos (Fokina, 1954) tika veikta pēc eksperimentālās grupveida sūknēšanas metodes no pilndziļuma urbuma - uzstādot urbumu grupu pēc shēmas viens eksperimentāls urbums, četri novērošanas urbumi (11. att.).

Sūknēšana tika veikta ar trijiem secīgiem pazeminājumiem. Sūknēšanai izurbtais eksperimentālais urbums (nr. 10) sasniedza Pļaviņu svītas ūdens sprostsļāņa segumu. Novērošanas urbumi atradās 30 metru attālumā no centrālā eksperimentālā urbuma no kura tika veikta sūknēšana. Rezultātu pierakstīšanai pēc līmeņiem tika izmantoti pašrakstītāji. 11. attēlā shematiski ir parādīts eksperimentālais puduris, kur novērošanas urbumi Nr. 34, 35, 36, 37 ir izvietoti pēc četrstaru sistēmas 30 metru attālumā no eksperimentālās izraktnes. Bez tam novērošanai tika izmantoti novērošanas ģeoloģiskie izlūkošanas urbumi Nr.2, 3, 4, 9,11, 18, 19, kuri atrodas 100 m un 141,4 m attālumā.

Sūknēšana tika veikta ar trim pazeminājumiem no 1953. gada 14. līdz 18. augustam. Izveidojās 3 pētāmie loki: pirmais – 30 metru attālumā, otrs – 100 m attālumā un trešais 141,4 m attālumā no centrālā urbuma Nr.10 (11. att.).

Ūdens līmeņa pazemināšanās novērojumi sūknēšanas laikā pirmajā lokā tika atzīmēti pēc katrām 5-10 minūtēm sūknēšanas sākumā un pēc 15-20 minūtēm uz sūknēšanas beigām. Otrajā un trešajā lokā novērojumi notika katras 30 minūtes sūknēšanas sākumā un ik pa 1 stundai uz sūknēšanas beigām. Sūkņa jauda tika pārbaudīta pie katra pazeminājuma mērrezervuāra ar tilpumu 50 litri tarēšanas ceļā. Mērījumi notika ar speciālām metru garām dzelzs adatām ar 1 cm ierobēm. Viss sūknēšanas process tika pierakstīts uz specialām veidlapām.



11. att. 1953. gada urbumu izvietojuma shēma pie grupveida sūknēšanas karjera Sloka 1 atrašanās vietā ar zonu atzīmēšanu, kurās tika noteikti filtrācijas koeficienti (izstrādājis autors, izmantojot Fokina, 1954)

Filtrācijas koeficientu aprēķini tika veikti pēc Dipi formulām, pie vienas novērošanas izraktnes uz viena stara:

$$K = 0,73 Q \frac{lg_{x_1} - lgr}{(2H - S - S_1)(S - S_1)},$$

un pie divām novērošanas izraktnēm uz viena stara

$$K = 0,73 Q \frac{lg_{x_2} - lg_{x_1}}{(2H - S - S_1)(S - S_1)},$$

Kur: K – filtrācijas koeficients m/dnn,

Q – sūknēšanas debīts m³/diennaktī,

H – ūdensnesējslāņa biezums m,

S – statistiskā līmeņa pazemināšanās centrālajā urbumā,

S₁ un S₂ - statistiskā līmeņa pazemināšanās novērošanas urbumos,

x₁ un x₂ – attālums no novērošanas līdz centrālajam urbumam m,

r – centrālā urbuma rādiuss m.

Pie vienas novērošanas izraktnes uz viena stara iegūtie filtrācijas koeficienti ir nelieli visi 5,81 līdz 7,90 m/dnn ietvaros. Pie divām novērošanas izraktnēm uz viena stara otrajā lokā attālumā no 30 līdz 100 metriem ir iegūti meklējamie filtrācijas koeficientu, kas ir pieņemti par patiesiem pētāmajā iecirknī un turpmāk vidējais koeficients ir vienāds ar 29 m/diennaktī un tika aprēķināts pēc tiem, ņemot vērā visus trīs pazeminājumus (Fokina, 1954).

5.1.2. Sūknēšana dolomītu atradnē Sloka 2 laukā

Karjerā Sloka 2, kas atrodas uz dienvidiem no karjera Sloka 1, sedlienē starp Kašķu kroku un Braņķu kroku, kuras ir piesaistītas Slokas lokālajam pacēlumam, hidroģeoloģiskie darbi notika 1961. gadā sākot no 21. janvāra (Dreijers, Dreijere, 1962). Tika veiktas izpētes sūknēšanas lauka apstākļos, ar novērošanu secīgi pēc diviem urbumiem, vispirms urbumā Nr. 53 no 9. līdz 20. martam, tad otrā urbumā Nr. 60 no 31. marta līdz 10. aprīlim. Statiskā līmeņa novērojumi notika no 1961. gada 21. janvāra līdz 21. martam. Šāda metode bija visnoderīgākā karjera Sloka 2 rajona hidroģeoloģiskajiem apstākļiem un bija ļoti precīza jo līmenis tika atzīmēts katru stundu. Pēc tam ar tādu pašu metodi pēc Dipi aprēķinu formulām tika atklāti filtrācijas koeficienti, kur Pļaviņu dolomītu svītas vidējais filtrācijas koeficients ir vienāds ar 33 m/dnn. Tas tika atrasts eksperimentālā ceļā veicot hidroģeoloģiskas sūknēšanas divos punktos - vienurbuma sūknēšanu, kur k=9,9 m/dnn un otrā punktā grupveida sūknēšanas metodes k= 44,6 m/dnn. Sūknēšanas laikā ūdens tika pa novadgrāvi novadīts ziemeļaustrumu virzienā uz Jāņupītes strautu. Pļaviņu dolomītu plaisainība ieguves rajonā ir salīdzinoši neliela, tādēļ pazemes ūdeņu kustību var uzskatīt par lamināru, pakļaujušos Darsī likumiem.

Un filtrācijas koeficienta aprēķins tika veikts vadoties no sūknēšanu datiem pēc Dipī formulām (Dreijers, Dreijere, 1962).

5.1.3 Turpmākas sūknēšanas Slokas rajonā

1967-1970. gg. Jūrmalas pilsētas meliorēšanas nolūkos tika veikta Pļaviņu svītas filtrācijas koeficienta noteikšana tieši Lielupes upes krastā, Nr.82 (tagad VĢD DB Nr. 9469) urbumā tas bija 35 m/dnn (Jansons u.c., 1971).

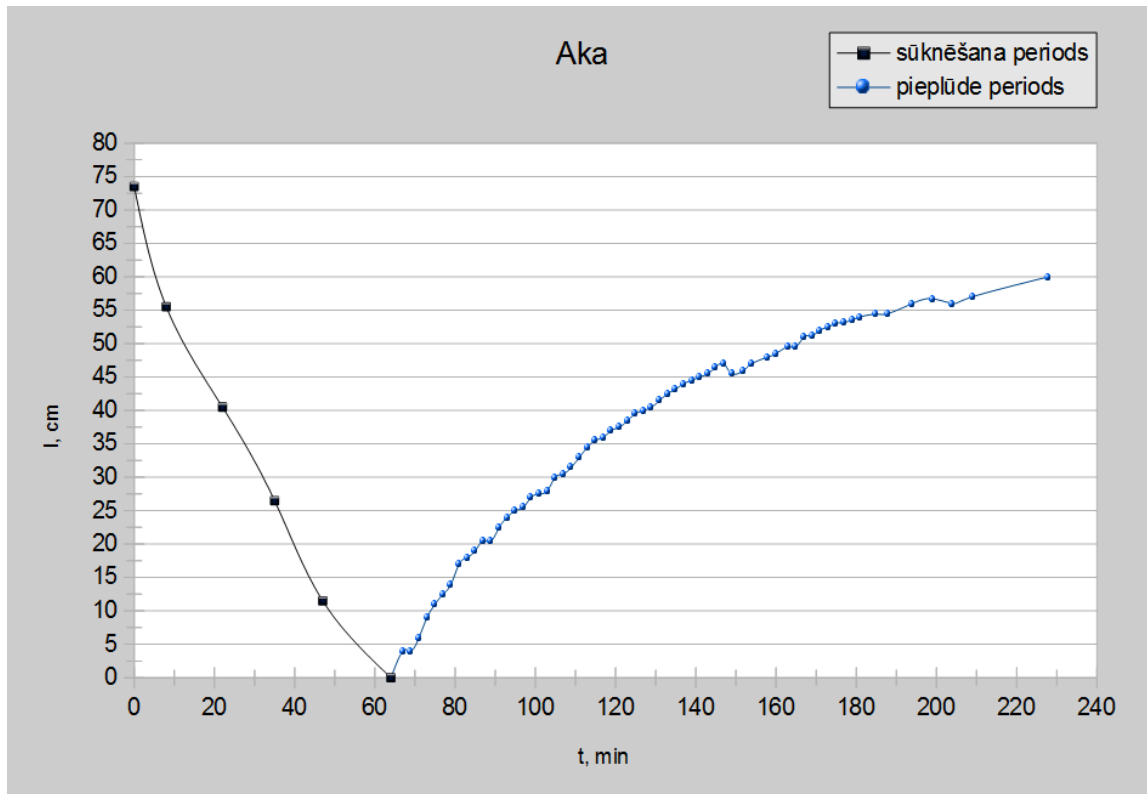
1982. gadā tika uzbūvēti novēršanas urbumi XXV, pašreiz novērošanas Stacija Sloka, 405 karjera Sloka 1 rajonā, tika izdarīti 6 dažāda dziļuma urbumi pazemes ūdeņu režīma un līdzsvara izpētei (Prilukova u.c., 1982). Šeit, filtrācijas īpašību noteikšanai, tika veikti mērījumi, un pēc grafiski – analītiskās metodes pēc grafika $S=f(\ln(t))$ aprēķināts filtrācijas koeficients urbumam D3pl svītā № XXV-7, DB 1606, vecais № 410, diametrs 132 mm, H=16 m. Šajā urbumā pēc pēdējiem datiem filtrācijas koeficients bija noteikts 36 m/dnn, $T=432 \text{ m}^2/\text{dnn}$ $Q=6,6 \text{ m}^3/\text{dnn}$, $q=4,7 \text{ m}^3/\text{dnn}$. Pazeminājums S praktiski nemainījās, kas parādīts grafikā $S=f(\ln(t))$ ar praktiski taisnu horizontālu līniju. Diezgan lielais filtrācijas koeficients liecina par labu iežu caurlaidību un iespējamu kavernoziatī pētījuma veikšanas vietā.

Aplūkojot visus iepriekšējo pētījumu rezultātus, var secināt, ka veiktā eksperimentālā sūknēšana Sloka 1 atradnē rāda, cik būtiski iegūto rezultātu ietekmē aprēķiniem izvēlētie urbumi. Gadījumā, kad aprēķinā kā viens no urbumiem tiek iekļauts sūknētais urbums, tiek iegūtas būtiski pazeminātas (3-4 reizes mazākas) filtrācijas koeficienta vērtības (5,8-7,9 m/dnn pret 25,5-31,5 m/dnn). Tāpat būtiskas atšķirības rezultātos iegūtas Sloka 2 atradnes izpētē ar vienu urbumu (9,9 m/dnn) vai urbumu grupu (44,6 m/dnn). Meliroācijas darbiem veiktajā izpētē un monitoringa posteņa urbuma atsūknēšanā iegūtas līdzīgas vērtības 35-36 m/dnn. Kopumā, iepriekšējie pētījumi liecina, ka filtrācijas koeficienta vērtības Pļaviņu svītas dolomītiem Slokas apkārtnē ir diezgan augstas, ap 30-45 m/dnn. Diemžēl, vecākie izpētes urbumi nav saglabājušies līdz mūsdienām, lai tajos varētu atkārtot sūknēšanas eksperimentu un eksperimentāli novērtēt filtrācijas koeficienta vērtības mūsdienās.

5.2. Filtrācijas parametru aprēķini pēc eksperimentālās sūkņēšanas datiem

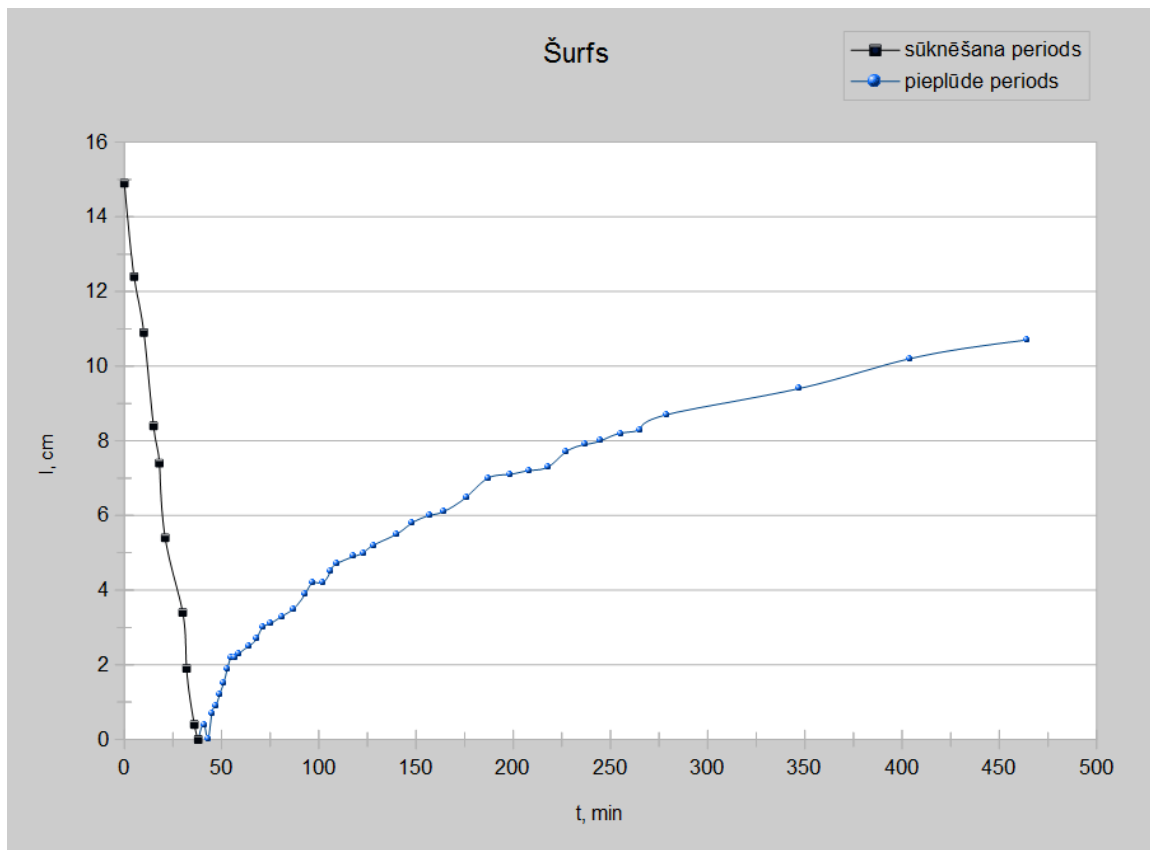
5.2.1. Līmeņa pazemināšanās un atjaunošanās

Šī pētījuma ietvaros tika veikta eksperimentālā sūkņēšana divos iecirkņos (skat. 3.4. nodaļu). Pirmajā iecirknī tika sūkņēta aka, mērot ūdens līmeņa izmaiņas akā un pēc tam sūkņēts šurfs, mērot līmeņa izmaiņas tajā. Iegūtie dati atainoti grafikos 12. un 13. attēlā.



12. att. Pirmā iecirkņa sūkņēšanas eksperimentā (01.05.2014.) novērotais ūdens līmeņa pazeminājums un atjaunošanās akā (izstrādājis autors).

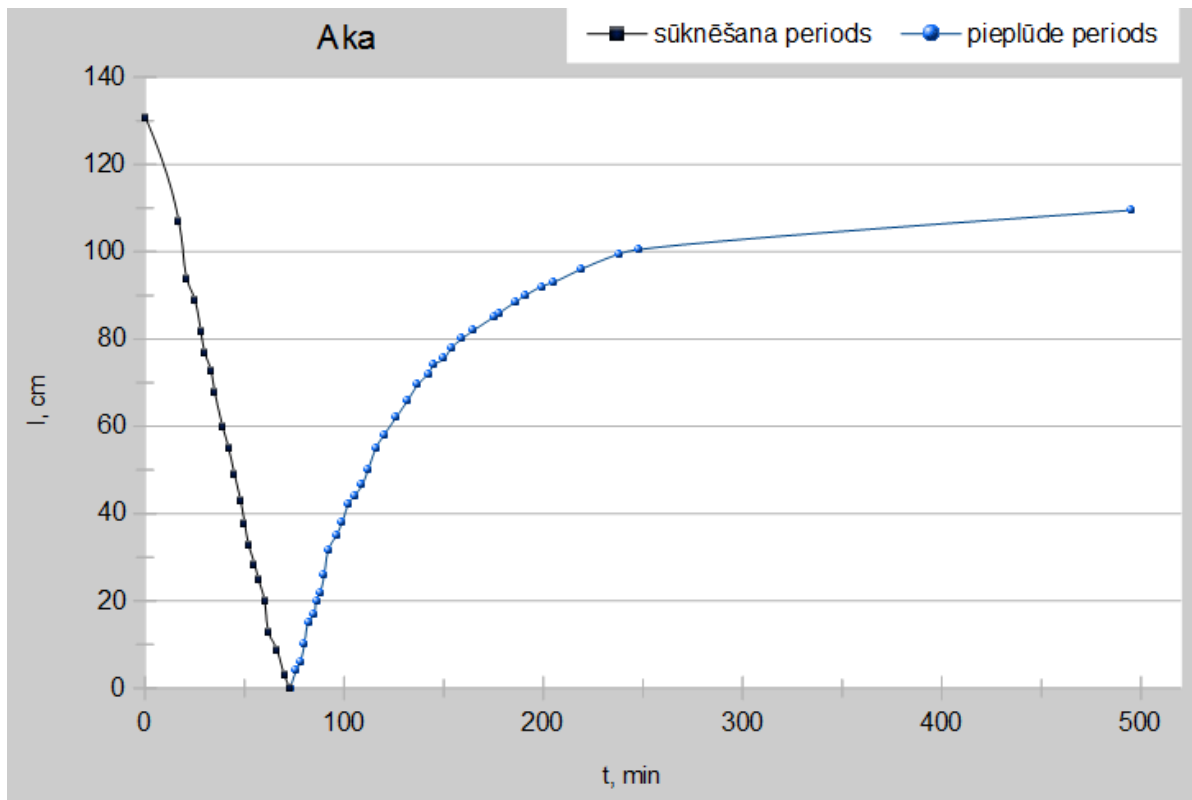
Ūdens pietece akā sūkņēšanas laikā ir ļoti lēna, tāpēc ir iespējams aku izsūkņēt sausu stundas laikā, turklāt izmantojot mazjaudīgu sūkni (8 l/min). Ūdens līmeņa atjaunošanās akā pirmajās divās stundās ir diezgan strauja, pēc pēc tam palēninās (12. att.). Līmeņa atjaunošanās līknei ir eksponenciāls raksturs ar nelielu lūzumu 150. minūtē no sūkņēšanas sākuma, kas visdrīzāk sasitīts ar mērījumu kļūdu. Pilnīga līmeņa atjaunošanās līdz sākotnējam nenotika, ko var skaidrot ar silto un sauso laiku eksperimenta laikā, ūdens sūkņēšanu no gruntsūdens horizonta blakus esošās akās tuvākajā apkārtnē, kā rezultātā bija raksturīga vispārēja gruntsūdens līmeņa pazemināšanās.



13. att Pirmā iecirkņa sūknēšanas eksperimentā (04.05.2014.) novērotais ūdens līmeņa pazeminājums un atjaunošanās šurfā (izstrādājis autors).

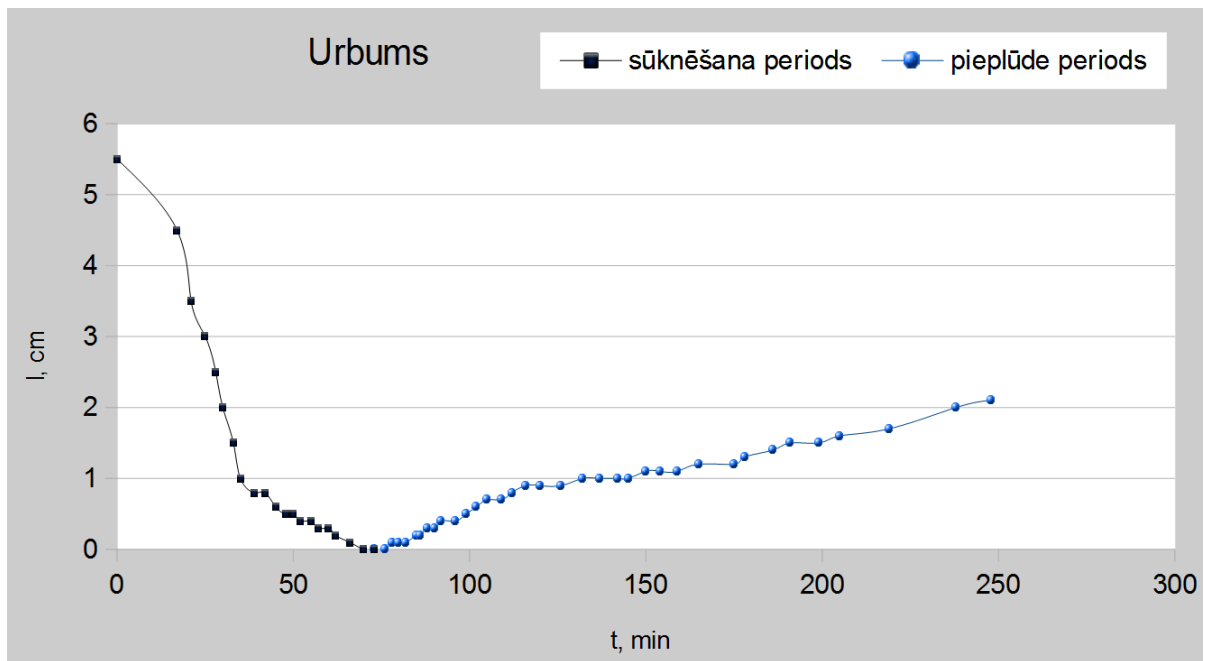
Ūdens pietece šurfā ir diezgan vāja, pēc 48 minūšu sūknēšanas šurfs ir atsūknēts sauss, ūdens līmenis šurfā sūknēšanas laikā pazeminājās vienmērīgi, kas liecina par vienmērīgu, lai arī niecīgu ūdens pieplūdi. Līmeņa atjaunošanās līkne nav lineāra, pirmajās 5.-10. minūtēs ūdens līmenis kāpj straujāk, bet pēc tam līmeņa atjaunošanās temps krītas. Līknē var izdalīt vairākus posmus: 48.-53. minūte, kad kāpums ir visstraujākais, 53.-100. minūte, 100.-240. minūte un 240.-480. un tālāk minūtes. Līmeņa kāpuma stabilizācija vērojama sākot no 100. minūtes, kad līkne kļūst gandrīz lineāra. Tas liecina, ka šajā posmā ūdens pietece šurfā ir stabilizējusies.

Otrais sūknēšanas eksperiments tika veikts atsūknējot ūdeni akā un novērojot ūdens līmeņa izmaiņas pašā akā un blakus (14 m attālumā) esošajā urbumā (skat. 14. un 15. att.).



14. att. Otrā iecirkņa sūknēšanas eksperimentā (22.04.2015.) novērotais ūdens līmeņa pazeminājums un atjaunošanās akā (izstrādājis autors).

Otrā eksperimentā sūknēšanai tika izmantots jaudīgāks sūknis (12,45 l/min), kā rezultātā bija iespējams sasniegt lielāku ūdens līmeņa pazeminājumu akā īsā laika posmā (131 cm 73 minūtēs). Ūdens līmeņa atjaunošanās akā noritēja salīdzinoši straujāk, nekā iepriekšējā gadā, ko var skaidrot gan ar akas tehnisko stāvokli – tā iepriekš tika iztīrīta, kā arī ar gruntsūdens horizonta labāku apūdeņotību (gruntsūdens līmenis horizontā bija par 57 cm augstāks, nekā iepriekšējā gadā). Līmeņa atjaunošanās līknei (14. att.) ir vienmērīgi eksponenciāls raksturs. Līmeņa stabilizēšanās sākas apmēram pēc 150 minūtēm no sūknēšanas sākuma. Turpmāk līdz apmēram 250. minūtei līmeņa kāpums pakāpeniski samazinās. Dienas beigās 495. eksperimenta minūtē no sūknēšanas sākuma līmenis bija sasniedzis 109,5 cm atzīmi. Bet, līdzīgi kā pirmajā sūknēšanas eksperimentā, netika sagaidīta pilnīga līmeņa atjaunošanās līdz 131 cm atzīmei. Visticamāk, līmeņa atjaunošanās līdz sākotnējai atzīmei notiek daudz ilgākā laika periodā, ko nosaka kā klimatiskie apstākļi, tā horizonta filtrācijas īpašības. Tomēr šie pēdējie līmeņa atjaunošanās posmi nav būtiski horizonta filtrācijas koeficienta aprēķiniem (Kļimentovs, Kononovs, 1985).



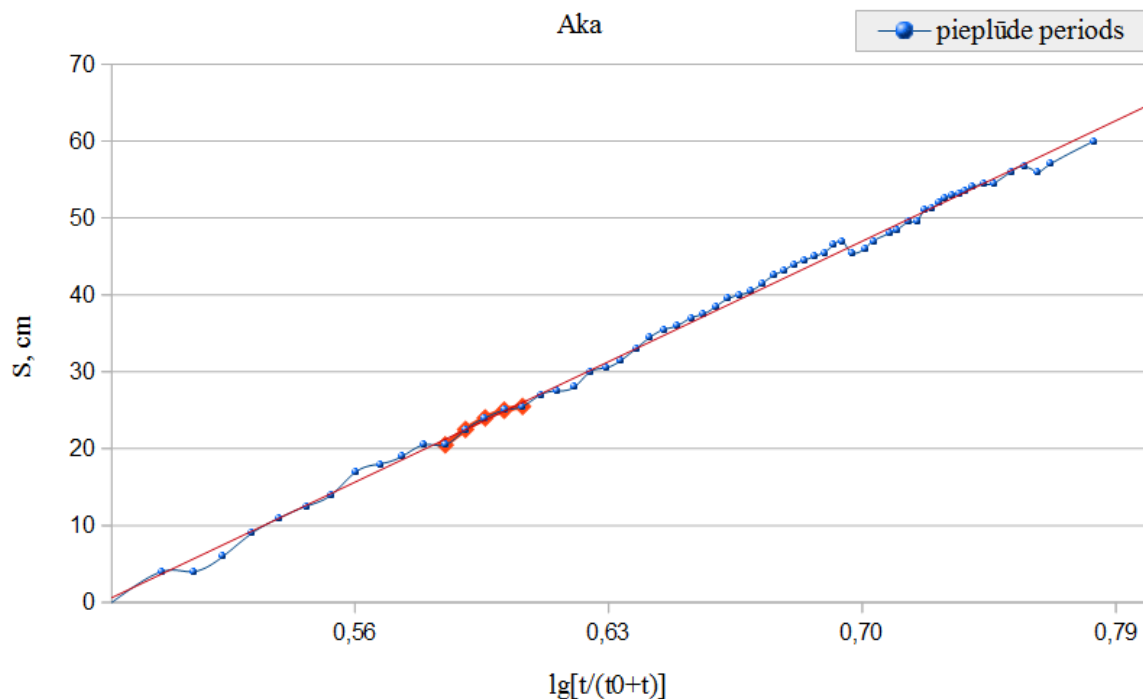
15. att. Otrā iecirkņa sūknēšanas eksperimentā (22.04.2015.) novērotais ūdens līmeņa pazeminājums un atjaunošanās urbumā (izstrādājis autors).

Ūdens līmeņa pazeminājuma un atjaunošanās līknei ir nevienmērīgs raksturs ar atsevišķiem lūzumpunktiem, un tāpat jāatzīmē niecīgais līmeņa pazeminājums urbumā. Sūknēšanas sākumā ūdens līmeņa pazeminājums urbumā ir diezgan vienmērīgs, bet pēc 35. minūtes līmeņa kritums būtiski palēninājās (0,2 cm 3 minūtēs), ko var skaidrot ar vāji caurlaidīgo nogulumu klātbūtni griezumā starp sūknēto aku un novērošanas urbumu, kā arī ūdens pieteces pastiprināšanos urbumā no seklākajām ūdens horizonta daļām. Ūdens līmeņa atjaunošanās urbumā tāpat notiek ļoti lēni (1-2 mm katrās 2-3 minūtēs), un nav novērojama līmeņa atjaunošanās stabilizācija visā eksperimenta laikā. Ūdens līmenis urbumā nebija atjaunojies par 60% 250. minūtē no sūknēšanas sākuma. Lēnā līmeņa atjaunošanās novērošanas urbumā liecina par pētījuma teritorijā esošo nogulumu sliktajām filtrācijas īpašībām.

Atšķirīgie ūdens līmeņa atjaunošanās ātrumi akā, šurfā un urbumā, kas atsedz ūdens horizontu dažādos dziļuma intervālos, norāda uz ļoti mainīgajām Pļaviņu – Salaspils horizontu veidojošo iežu filtrācijas īpašībām.

5.2.2. Filtrācijas koeficienta aprēķins pēc grafoanalītiskās metodes

Filtrācijas parametri aprēķināti pēc līmeņa atjaunošanās līknes, izmantojot grafoanalītisko metodi, sastādot grafiku $S=f(\lg t)$ un $S=f(\lg(t-t_0))$ un līknes pieskarei nosakot taisnes virziena koeficientu (Kļimentovs, Kononovs 1985) – skat. 16. un 17. att.



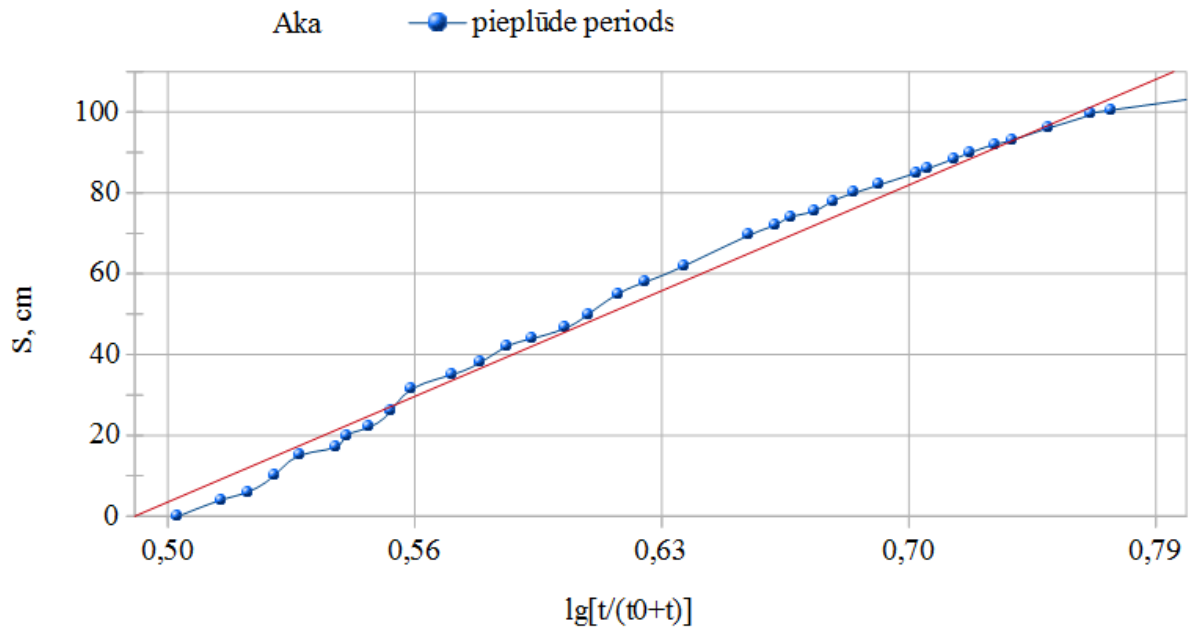
16. att. Ūdens līmeņa atjaunošanās akā **pirmā** sūknēšanas eksperimenta laikā. Sarkanā līnija – līknes pieskare taisnes virziena koeficienta noteikšanai (izstrādājis autors)

Ūdens līmeņa atjaunošanās līknei novilkta pieskare, kurai noteikts taisnes virziena koeficients C:

$$C = \frac{31,5 - 20,5}{0,63 - 0,58} = 227,47$$

Izmantojot taisnes virziena koeficientu C, tika atrasts slāņa parametrs – ūdensvadāmības koeficients. Pirmajā sūknēšanas eksperimentā (01.05.2014) pēc līmeņa izmaiņu novērojumiem akā ūdensvadāmības koeficients ir:

$$km = \frac{0,183Q}{C} = \frac{0,183 \times 2620,9}{227,47} = 2,19 \text{ cm}^2/\text{min}$$



17. att. Ūdens līmeņa atjaunošanās akā **otrā** sūknēšanas eksperimenta laikā. Sarkanā līnija – līknes pieskaire taisnes virziena koeficienta noteikšanai (izstrādājis autors).

Ūdens līmeņa atjaunošanās līknei novilkta pieskaire, kurai noteikts taisnes virziena koeficients C:

$$C = \frac{96 - 26}{0,75 - 0,55} = 60,78$$

Izmantojot taisnes virziena koeficientu C, tika atrasts slāņa parametrs – ūdensvadāmības koeficients. Otrajā sūknēšanas eksperimentā (22.04.2015) pēc līmeņa izmaiņu novērojumiem akā ūdensvadāmības koeficients ir:

$$km = \frac{0,183Q}{C} = \frac{0,183 \times 3997,48}{60,78} = 12,036 \text{ cm}^2/\text{min}$$

Zinot, ka horizonta biezums pētītajā iecirknī bija 2,5 m, filtrācijas koeficients ir 1,26 m/dnn un 6,9 m/dnn.

Iegūtais rezultāts ir daudz mazāks, nekā filtrācijas koeficienti, kas noteikti Slokas dolomīta atradnēs, ko var skaidrot ar to, ka eksperimenta teritorijā zemes virspusē iegul Salaspils svītas ieži, kuri arī galvenokārt atsegti šurfā un akā.

5.2.3. Filtrācijas koeficienta analītiskais aprēķins

Ekspierimentālās sūknēšanas dati tika izmantoti arī filtrācijas koeficienta aprēķinam ar analītiskām metodēm, konkrēti – pēc Forheimera vienādojuma filtrācijas koeficienta aprēķinam šurfos un akās ar koncentrisku šķērsriezumu (Kļimentovs, Kononovs 1985).

Aprēķins pēc pirmā sūknēšanas eksperimenta 01.05.2014. rezultātiem:

$$k = \frac{2620,9}{4 \cdot 60 \cdot 47} = 3,35 \text{ m/dnn}$$

Aprēķins pēc otrā sūknēšanas eksperimenta 22.04.2015. rezultātiem:

$$k = \frac{3997,48}{4 \cdot 110 \cdot 47} = 2,78 \text{ m/dnn}$$

Pirmajā sūknēšanas eksperimentā tika sūknēts arī šurfs, bet tā kā tas nav koncentriska šķērsriezuma, tad akas rādiusa r_0 vietā ņemts šurfa malas garums, kas reizināts ar koeficientu 0,55. Sūknēšanas eksperimenta (04.05.2014) rezultāti izmantoti filtrācijas koeficienta aprēķinā:

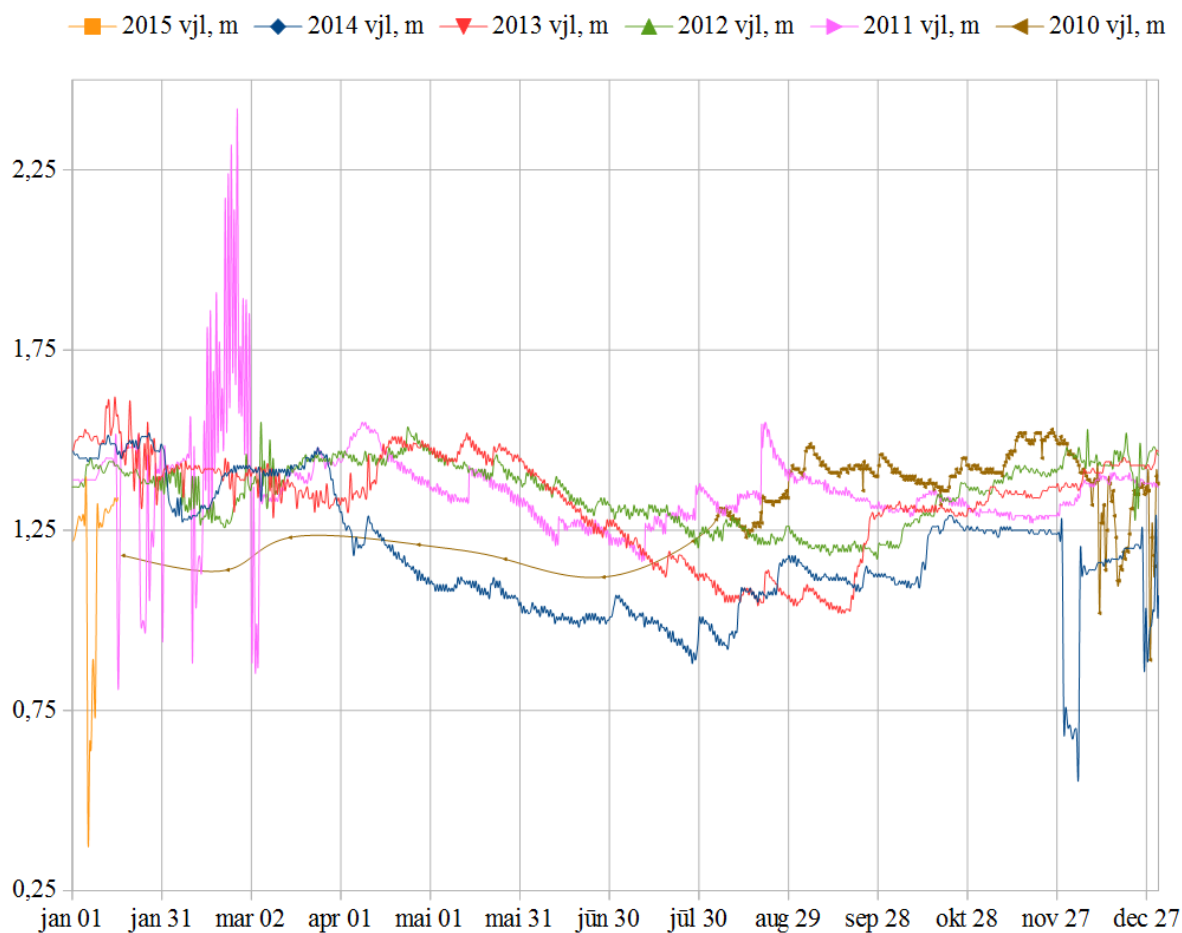
$$k = \frac{1708,29}{4 \cdot 10 \cdot 0,55 \cdot 255} = 4,38 \text{ m/dnn}$$

Salīdzinājumā ar grafoanalītisko metodi, iegūtie filtrācijas koeficienti katrā no eksperimentiem ir tuvāki pēc vērtībām. Tāpēc šai gadījumā var secināt, ka analītiskā aprēķina metode salīdzinoši seklai akai ir piemērotāka, nekā grafoanalītiskā metode.

5.3. Pļaviņu horizonta ūdens līmeņa režīms Slokas apkārtnē

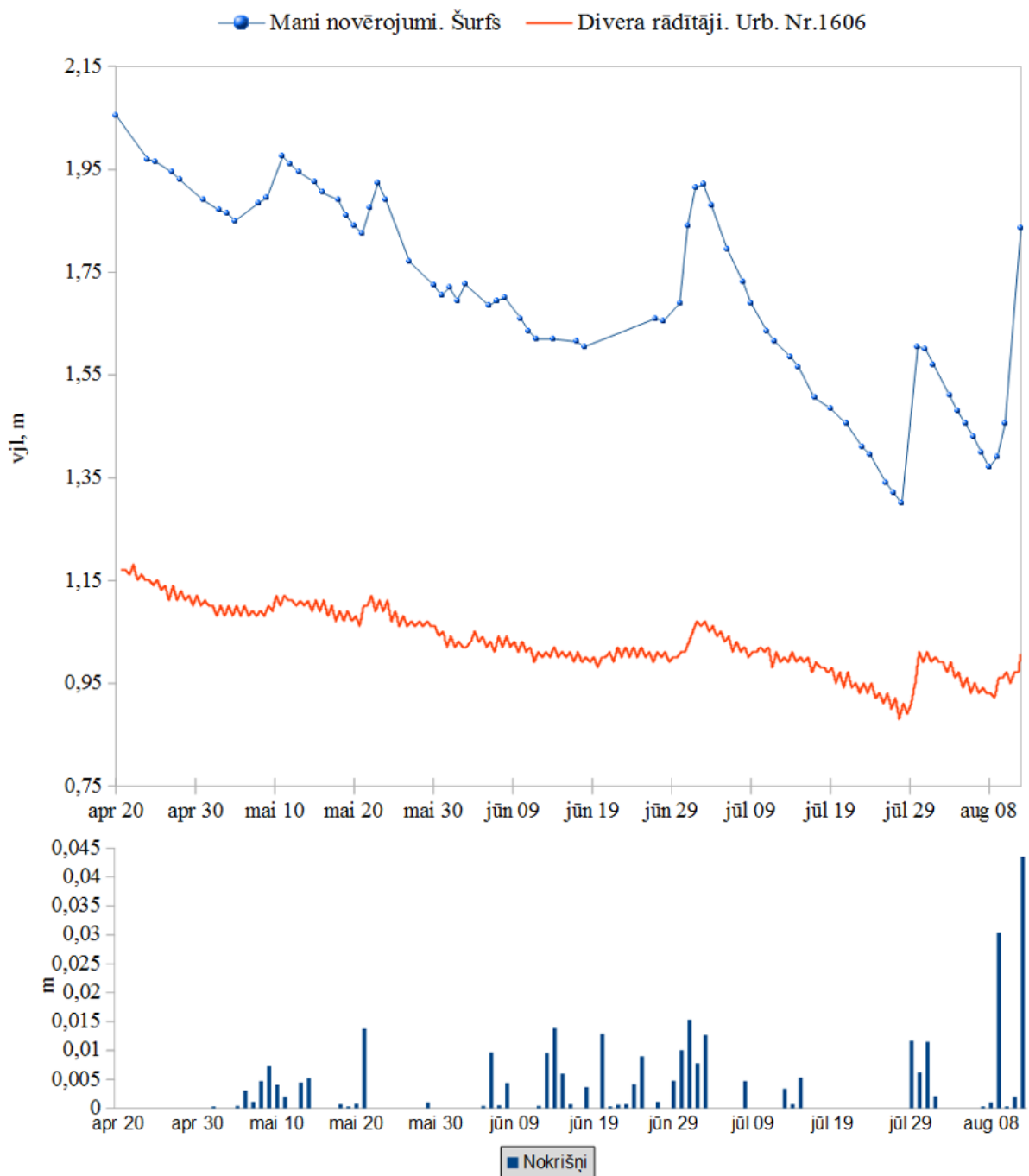
Pļaviņu ūdens horizonts Slokas apkārtnē ieguļ zem plānas kvartāra nogulumu segas, turklāt šie nogulumi pārsvarā ir labi filtrējoši, tāpēc Pļaviņu horizonts var viegli papildināties ar nokrišņu ūdeņiem. Ūdens līmeņa novērojumi monitoringa urbumā DB 1606 pēdējo 5 gadu laikā (18. att.) liecina, ka ūdens līmenis horizontā ir diezgan stabils ar lēzenu līmeņa kāpumu pavasara beigās – vasaras sākumā, kas atbilstu sniega kušanas ūdeņu un pavasara lietus ūdeņu infiltrācijai horizontā, un līmeņa pazeminājumu vasaras beigās - rudenī, kas atkarīgs no nokrišņu daudzuma vasaras periodā. Vidējā līmeņa svārstību amplitūda ir neliela – tikai 0,5

m robežās, kas liecina par horizonta reģionālu barošanas, nevis papildināšanos tikai ar nokrišņu ūdeņiem.



18. att. Ikgadējie grunstūdeņu līmeņa mērījumi Slokas posteņa monitoringa urbumā Nr. 1606 (2010.-2015.g.).

Savukārt, salīdzinot ūdens līmeņa novērojumus šurfā ar līmeņa novērojumiem urbumā Nr. 1606, un ar nokrišņu datiem Kalnciema stacijā (19. att.), redzams, ka ūdens līmeņa svārstību amplitūda šurfā ir lielāka nekā urbumā. Šurfā ūdens līmeņa kāpumi un kritumi ir daudz straujāki, kas liecina par ciešāku saikni ar atmosfēras nokrišņiem, kā arī intensīvāku iztvaikošanu no horizonta.



19. att. Slokas rajona gruntsūdeņu līmeņi izmaiņu periodiskie novērojumi un salīdzināšana ar atmosfēras nokrišņu līmeni, kas iegūti Kalnciema meteoroloģiskajā stacijā (20.04.14.-12.08.2014.g.).

No gruntsūdeņu līmeņa novērojumu rezultātiem laika periodā no 2014. gada 20. aprīļa līdz 2014. gada 12. augustam var secināt, ka kopējais maksimālais līmenis šajā periodā mainījās par 0,76 m pēc maniem rādītājiem no šurfa un pēc meteoroloģiskajiem datiem no urbuma Nr. 1606 līmenis mainījās par 0,3 m, bet nenolaidās zemāk par jūras nulles līmeni. Salīdzinot pazemes ūdeņu līmeņa kāpumus un kritumus ar nokrišņu daudzuma grafiku, ir novērojama neliela saistība starp intensīvākajiem nokrišņu periodiem un līmeņa kāpumu. Te

gan jāatzīmē, ka nokrišņu novērojumu stacija atrodas pietiekami tālu no pētījumu teritorijas un cieša saistība starp abiem parametriem ir maz iespējama, ņemot vērā klimatisko apstākļu atšķirības katrā no teritorijām (Slokā un Kalnciemā).

Pēc ikgadējiem nokrišņu līmeņa un gruntsūdeņu līmeņa novērojumu rezultātiem var izdarīt secinājumus par aprēķināmo atmosfēras ūdens infiltrācijas daudzumu gruntsūdeņu horizontā un noteikt horizonta barošanās un atlodzes apjomu atkarībā no temperatūras un gadalaikiem.

6. DISKUSIJA

No iegūtajiem rezultātiem ir skaidrs, ka nelielā dziļumā filtrācijas koeficientu var mainīt atkarībā no izvirzītajiem mērķiem, vai tas būtu mākslīgi izraktas ūdenstilpnes aprēķins, dambja vai citu hidrotehnisku būvju celtniecība. Pagaidām paliek nenoskaidrots jautājums cik droši ir būvēt dzīvojamās mājas karstainā teritorijā, jo pasaulē ir zināmi katastrofāli iebrukumu gadījumi, kurus ir izraisījušas karsta parādības (Zhukov, 1961). Ņemot vērā to, ka eksodinamiskie procesi ir neizbēgami un bieži tos provocē antropogēni faktori, daži no tiem parādās gandrīz momentāni (tiem ir pieskaitāmi karsta iegruvumi, kuru laikā viss, kas atrodas virspusē tiek ievilkts zemes dzīlēs – gan celtniecības būves, gan mežu masīvi).

Salīdzinot gan iepriekšējos pētījumos (no 4-8 m/dnn līdz 25-44 m/dnn), gan šī darba eksperimentālajās sūknēšanās noteikto (1,3-6,9 m/dnn) Pļaviņu – Salaspils horizontu veidojošo iežu filtrācijas koeficientu vērtības ar literatūras datiem (skat. 3. tabulu), redzams, ka kopumā Slokas apkārtnē Pļaviņu un Pļaviņu – Salaspils ūdens horizontu veidojošo iežu filtrācijas koeficienti ir zemāki, nekā vidēji raksturīgs klinšainiem plaisainiem iežiem. To, visticamāk, visvairāk ietekmē horizontu veidojošie ieži. Eksperimentālās sūknēšanas teritorijā dominē ģipsi saturoši nogulumi, kuru filtrācijas īpašības pēc eksperimenta rezultātiem ir zemas. Arī dolomītu slāņkopa Sloka 1 un Sloka 2 atradņu teritorijā satur diezgan daudz meļģelainu slāņkopu (Dreijers, 1960, Dreijers, Dreijere, 1962), kas var izskaidrot salīdzinoši zemās (līdz 25-44 m/dnn, vidēji 30-35 m/dnn) filtrācijas koeficienta vērtības visā teritorijā.

3 tabula.

Atsevišķu nogulumu filtrācijas koeficients pēc literatūras datiem (Simonchik, 2005).

Nogulumu veids	k, m/dnn
Klinšaini plaisainie nogulumi	20–60
Klinšaini stipri plaisainie un izteikti grants – oļu nogulumi	60–70

Pēc I. Maļikas hidroģeoloģiskā modeļa (2005) datiem Pļaviņu – Amatas starpslānī un vāji caurlaidīgajos kvartāra nogulumos slānis ar filtrācijas koeficientu 0,01 m/dnn ir barhiantiklinālajā Slokas pacēlumā. Salaspils – Pļaviņu slāņiem, kuri atrodas Slokas rietumdaļā zem kvartāra slāņa, ir filtrācijas koeficienti kuri 25–105 m/dnn, pietiekami plašs diapazons, jo ģipši mijas ar dolomītu un ir karstainība.

Filtrācijas ātrums mainās tad, kad mainās porainums un plaisainība. Izmaiņas norit intensīvāk virsējos slāņos, kur notiek dēdēšana, ķīmiskā denudācija un karsta procesu attīstība. Spiediena lielums kā otrs būtisks filtrācijas apstākļis ir atkarīgs no traucējumiem pirmskvartāra iežos, ko ir izraisījusi derīgo izrakteņu iegūšana, it īpašu depresijas piltuves

rādiusā. Tādēļ balstīšos uz saviem novērojumiem un atskaitēs pierakstītajiem tabulārajiem datiem. Vienīgā atšķirība - metodes un novērošanas punktos paveidā, jo ieguves laikā dolomīta ieguves vietās un atmešos tika veiktas eksperimentālās sūkņēšanas un tās bija vairāk automatizētas.

Karsta procesi visintensīvāk attīstās karjeru izstrādes periodā. Tajā laikā kavernas un plaisas palielinās, bet ne karsta procesu dēļ, bet slāņu pārrāvumu kalnu masīva spriegumu pārkārtošanās dēļ. Notiek pazemes plūsmu, kuras ir vērojamas netraucētos apstākļos depresijas piltuves apkaimē, izzušana. Ārpus depresijas piltuves ietvāriem plūsmas ātrums palielinās, gruntsūdeņi atrod mazākās pretestības ceļu, jo pazemes ūdeņu atlogošana un papildināšana netiek pārtraukta un tajās vietās karjera darbības laikā var rasties plati izskalotas horizontālas plaisas. Gruntsūdens plūsmas ķīmiskais sastāvs izplatības ceļā, kas ved caur izstrādāto iecirkni, mainās. Sākas kaimiņu horizonta ķīmiskā sastāva pārsvars, šajā gadījumā – Salaspils ūdens nesējhorizonta, jo būtiska Pļaviņu svītas iežu daļa ir izņemta. Tādēļ palielinās karsta procesu attīstības iespējamība.

Nokrišņu daudzuma un gruntsūdens līmeņa novērojumu 2014. gadā grafiskā analīze liecina, ka Sloka 1 atradnes tuvumā ir raksturīgs pazemināts gruntsūdens līmenis un pastāvīga ūdens apmaiņa, kas notiek horizonta augšējā daļā. Tāpēc ir vērojama diezgan liela gruntsūdens līmeņa sezonālā amplitūda sekrajā akā, sasniedzot 0,75-1,5 m sezonā. Izteiktās līmeņa svārstības nosaka nokrišņu ūdeņu infiltrācija horizontā caur plāno augsnes slāni tieši horizontu veidojošos dolomītos un ģipšos. Sausajā sezonā raksturīga strauja līmeņa pazemināšanās, jo ūdens viegli noplūst dziļākajos slāņos, bet pēc intensīviem vai ilgstošiem nokrišņiem raksturīgs straujš gruntsūdens līmeņa kāpums, iežiem ātri piesātinoties ar infiltrācijas ūdeni, kuri arī veicina vielu pārnesei iežos.

Ilggadīgos nokrišņu daudzuma un gruntsūdeņu līmeņa novērojumus var izmantot, lai aprēķinātu atmosfēras ūdens infiltrācijas daudzumu gruntsūdeņu horizontā, un noteikt horizonta barošanās un atlodzes līmeni atkarībā no temperatūras un gadalaikiem. Tālāk jau šie dati par infiltrācijas daudzumu un horizonta barošanās un atslodzes apstākļiem, var tikt izmantoti arī horizontu veidojošo iežu filtrācijas īpašību raksturošanai, bet tas ir atsevišķs pētījuma temats, kas nav tālāk skatīts šajā darbā.

SECINĀJUMI

1. Slokas teritorijā situācija ar pazemes ūdeņiem sarežģītās pēc dolomīta atradnes vietu Sloka 1 un Sloka 2 izstrādāšanas. Pļaviņu horizonta plūsma virzās ziemeļu un ziemeļrietumu virzienā un vairs nav vienota, jo daļa iežu ir izrakti un horizontā ir pieplūst vairāk saldūdens (ir palielinājies virszemes ūdeņu savākšanas laukums) un tam ir vairāk Salaspils ūdens nesējhorizonta sulfātu sastāvdaļu. Dažviet filtrācijas koeficients samazinās, tur kur ieži ir sablietēti, bet tajā pašā laikā arī palielinās karsta procesu attīstības vietās.
2. Pļaviņu un Pļaviņu – Salaspils horizontu veidojošo iežu filtrācijas koeficienta eksperimentāli noteiktās un pēc Forheimera vienādojuma aprēķinātās vērtības pētījumu teritorijā ir 1,2-6,9 m/dnn, un tie ir raksturīgi ūdeni mazāk caurlaidīgajai iežu slāņkopai, ko veido cietu, mālainu dolomītu un šķiedru un kārtainā ģipša slāņmija. Noteiktās vērtības ir tuvas iepriekšējās izpētes (Fokina, 1954) laikā ar līdzīgu metodiku iegūtajām vērtībām (4,4-7,9 m/dnn).
3. Filtrācijas koeficienta vērtības būtiski ietekmē lauka eksperimentu organizācija, līmeņu izmaiņu novērošana tikai novērojumu urbumos, jeb novērojumu un sūknētajā urbumā. Iegūtie rezultāti atšķiras līdz 10 reizēm, izmantojot tikai novērošanas urbumus, tie ir augstāki.
4. Veicot turpmāku Slokas teritorijas un apkaimes rekultivāciju, īpaša vērība ir jāpiegriež paleokarsta atklāšanai, jo pētījumi Pļaviņu, Salaspils un tuvākajās Latvijas svītās, jo paleokarsta formu izplatības frekvence un blīvums nav atkarīgs no patreizējiem eksodinamiskajiem procesiem, bet ir seno eksodinamisko procesu rezultāts, kuru pēdas ir redzamas līdz pat mūsdienām.
5. Gurtsūdens režīma 2014. gadā un nokrišņu datu analīze rāda, ka bijušā Sloka 1 karjera tuvumā ir raksturīgi pazemināti gruntsūdens līmeņi un pastāvīga intensīva horizonta papildināšanās, kas nosaka salīdzinoši lielo gruntsūdens līmeņa amplitūdu 0,75-1,5 m robežās.

LITERATŪRAS SARAKSTS

Publicētā literatūra

1. Altovskij, M.E., (red.). 1962. Spravochnik gidrogeologa. Gosgeoltehzdat, Moskva, pp. 616.
2. Brangulis, A., Brio, H., 1976. Latvijas Hercīnijas struktūrstāva tektoniskās rajonēšanas shēma. pp. 1.
3. Brangulis, A., Brio, H., 1986. Latvijas PSR tektoniskā karte. M 1:500 000, VSEGEI, Leningrad, pp. 1.
4. Brangulis, A., Kuršs, V., Misāns, J., Stinkulis, Ģ., 1998. Latvijas ģeoloģiskā karte. Mērogs 1:500 000, ģeoloģiskas uzbūves apraksts. VĢD, Rīga, pp. 71.
5. Daņilāns, I., (red.), Liepiņš, P., (red.), Sprinģis, K.,(atb. red.). 1961. Latvijas PSR Ģeoloģija. Zinātņu akadēmijas izdevniecība. Rīga, pp. 516.
6. Drushic, V., Vereshhagin, V., 1974. Geohronologicheskaja tablica. Uchebnoe posobie. MGU. VSEGEI, Moskva, pp. 1.
7. Dzēns-Litovskij, A., (red.). 1967. Hidrogeologija SSSR. Tom XXXI. Latvijskaja SSR, II chast. Nedra, Moskva, pp. 52.
8. Enohovich, A., 1983. Spravochnik po fizike i tehnikе: Ucheb. Posobie dlja uchashhihsja. – 2-e izd., pererab. i dop. Prosveshhenie, Moskva, pp. 255.
9. Entov, V., 1998. Teorija filtracii. Sorosovskij obrazovatelnyj zhurnal, №2, pp. 121.–128.
10. Filippov, J.V., (galv.red.). 1964. Fiziko-geograficheskij atlas mira. Pochvy. Moskva, pp. 86.–87.
11. Finkelšteins, M., Zolotarevs, V., Sičovs, G., 1986. Radiolokacionnoe podpoverhnostnoe zondirovanie, kak metod razvedochnoj geofiziki. Morfogenez reliefa i paleogeografija Latvii: Sbornik nauchnyh trudov 487. Latvijskij gosudarstvennyj universitet im. L. Stuchki, Riga, pp. 36.–57.
12. Garrels, R., Makkenzi, F., 1974. Evoljucija osadochnyh porod. Nauki o zemle, Vol.58, Mir, Moskva, pp. 272.
13. Gļinka, N., Rabinovich, V., (red.).1985. Obshhaja himija: Uchebnoe posobie dlja vuzov. 24-e izd. Himija, Leningrad, pp. 704.
14. Grava, M., Stinkulis, Ģ., 2014. Karsta veidojumi pļaviņu HES apkārtnē. Latvijas Universitātes 72. Zinātniskā konference Zemes un Vides zinātnes. Ģeoloģija. Referātu tēzes. Rīga, pp. 215.–217.
15. Igolkina N., Kirikov V., Krivskaja T. 1970. Osnovnye jetapy osadochnogo pokrova Russkoj platformy. Sovetskaja geologija №11. Moskva, pp. 16.–35.

16. Juškevičs, V., Mūrnieks, A., Misāns, J., 1999. Pirmskvartāra karte. Latvijas ģeoloģiskā karte mērogā 1:200 000, 42. lapa. Jūrmala. Rīga, Valsts Ģeoloģijas dienests, pp. 52.
17. Kaļva, K., 2010. Paleokarsta veidojumi devona Daugavas svītas dolomītos Latvijā. Latvijas universitātes raksti. 752. sēj. Zemes un vides zinātnes. Rīga, pp. 28.–34.
18. Klimentov P., Kononov V. 1978. Metodika gidrogeologičeskikh issledovanij. Vysshaja shkola, Moskva, pp. 408.
19. Klimentov P., Kononov V. 1985. Dinamika podzemnyh vod. Vysshaja shkola, Moskva, pp. 384.
20. Kondratjeva, S., Hodireva, V., 2000. Latvijas dolomīti. Rīga, pp. 79.
21. Kovalevsky, V., Kruseman, G., Rushton, K. (ed.). 2004. Groundwater studies. An international guide for hydrogeological investigations. International Hydrological Programme – VI. UNESCO, Paris, pp. 430.
22. Kupman, A., (red.). 1974. Metodicheskoe rukovodstvo po geologičeskoj sjomke masshtaba 1:50 000. Vol.2. Nedra, Leningrad, pp. 256.
23. Lozet, J., Mathieu, C., 1998. Tolkovyj slovar po pochvovedeniju. Mir, Moskva, pp. 399.
24. Lysenko, M., 1980 Sostav i fiziko-mehaničeskie svojstva gruntov. Izd. 2-e, pererab. i dop. Nedra, Moskva, pp. 272.
25. Marcinkevičius, V., Mikulėnas, V., 2008. Evaluation of the degree of karst hazard to buildings in the Biržai. Lithuanian Geological Survey. Annual Report 2008, Vilnius, pp. 40. –41.
26. Mark-Kurik, E., Pöldvere, A., 2012. Devonian stratigraphy in Estonia: current state and problems. Estonian Journal of Earth Sciences, **61**, 1, pp. 33–47.
27. Misāns, J., 1987. Geologičeskaja i gidrogeologičeskaja karty SSSR. Masshtab 1:200000. Serija Pribaltijskaja. List 0-34-XXX. Objasnitelnaja zapiska. Sojuzgeolfond, Moskva, pp. 134., VGF nr. **1367** 10596
28. Narbutas, V., Karatajūtė-Talimaa, V., Žalūdienė, G., 2011. Lietuvos devono nebaigtinė tyrimų istorija: rezultatai ir problemos. Baltica, Vol. 24, Special Issue // Geosciences in Lithuania: challenges and perspectives, Vilnius, pp. 89.–98.
29. Pērkone, E., Popovs, K., 2014. Pamatiežu ūdens horizontu filtrācijas īpašību un litofaciālās zonalitātes sakarības. ESF projekta „Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem”. Daugavpils Universitātes 57. starptautiskā zinātniskā konference rakstu krājums. Daugavpils universitātes akadēmiskais apgāds "Saule", pp. 7.
30. Prols, J., Dēliņa, A., Segliņš, V., 2009. Oksidēšanās – reducēšanās apstākļi Salaspils ūdens horizontā Ķemeru – Jaunķemeru sulfīdu ūdeņu atradnē. Ģeogrāfija. Ģeoloģija.

- Vides zinātne: Referātu tēzes. Latvijas Universitātes akadēmiskais apgāds. Rīga pp. 231.–233.
31. Prols, J., Dēliņa, A., Segliņš, V., 2009. Starphorizontu ūdens pārteces ietekme uz sulfīdu veidošanos Salaspils ūdens horizontā. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: Referātu tēzes. Latvijas Universitātes akadēmiskais apgāds. Rīga, pp. 229.–231.
 32. Prols, J., Segliņš, V., 2010. Ķemeru–Jaunķemeru kvartāra ūdens kompleksa sulfīdus saturošo pazemes ūdeņu atradnes hidroģeoķīmiskais raksturojums. Hydrogeochemical Characterization of the Sulphide-Containing Groundwater Deposit of the Quarternary Multi-Aquifer of Ķemeri-Jaunķemeri. Latvijas Universitātes raksti, 752. sējums, Zemes Un vides Zinātnes. Latvijas Universitātes akadēmiskais apgāds. Rīga pp. 35–44.
 33. Raukas, A., Teedumäe, A., (eds). 1997. Geology and Mineral Resources of Estonia. Estonian Academy Publishers, Tallinn, pp. 436.
 34. Semjonovs, I., 1995. Piesārņošanas un pašattīrīšanās procesi pazemes ūdeņos Latvijā. Zinātne, Rīga, pp. 121.
 35. Simonchik, S.G., Hohlatov, E.M., (eds). 2005. Spravochnoe posobie dlja obrabotki materialov inženerno-geologicheskikh izyskanij. DAR\VODGEO, Moskva, pp. 94.
 36. Stinkule, A., Stinkulis, Ģ., 2013. Latvijas derīgie izrakteņi. Latvijas Universitāte, Rīga, pp. 168.
 37. Stupishin, A., 1967. Ravninnyj karst i zakonomernosti ego razvitija na primere srednego Povolzhja. Kazanskij universitet, Kazan, pp. 292.
 38. Taminskas, J., Dilys, K., Gamtos tyrimų centras. Mikulėnas V, Minkevičius V, Vaičiūnas G, Lietuvos geologijos tarnyba. 2013. Karst denudation, karst phenomena investigation and registration. Lithuanian Geological Survey. Annual Report 2012, Vilnius, pp. 46.–51.
 39. Tihomirov, S., 1995. Etapy osadkonakoplenija devona Russkoj platformy i obshhie voprosy razvitija i stroenija stratisfery. Nedra, Moskva, pp. 445.
 40. Tracevska, L., 1990. Karst na territorii Latvii. Ekzodinamicheskie processy i metody ih issledovanija. Nauchnye trudy 547. Latvijskij Universitet, Riga, pp. 32.–43
 41. Virbulis, J., Bethers, U., Saks, T., Sennikovs, J., Timuhins, A., 26 march 2013. Hydrogeological model of the Baltic Artesian Basin. Hydrogeology Journal. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 18
 42. Zhukov, M., Slavin, V., Dunaeva, N., 1961. Osnovy geologii. Gosgeoltehzdat, Moskva, pp. 627.

Nepublicētā literatūra

1. Anikeeva, R.F., 1973. Predvaritelnaja razvedka novyh istochnikov vodosnabzhenija g. Jurmala. Riga, VGF nr. 9212
2. Anikeeva, R.F., Saksons I.L., Sile S.R., 1975. Detalnaja razvedka podzemnyh vod dlja vodosnabzhenija goroda Jurmala. Riga, VGF nr. 9462
3. Delle, N., 1934. Devona nogulumi Zemgales līdzenumā. Kandidātā darbs. / Latvijas Valsts Universitāte, pp. 198.
4. Dreijers, E., 1960. Slokas ļoti merģelaino dolomītu un ģipšakmens meklēšanas darbu pārskats. Rīga, VGF nr. 4860
5. Dreijers, E., Dreijere, M., 1962. Atskaite par Slokas dolomītu atradnes 2. lauka detalizētās izpētes darbiem. Rīga, VGF nr. 4540
6. Drikis, B., Prols, J., Freimane, S., Krivcov, A., 1985. Otchet o gidrogeologicheskijh rabotah v rajone Kemeru i Jaunkemeru po izucheniju (na predvaritelnoj stadii) vzaimovlijanija serovodorodnyh i presnih podzemnyh vod c celju vyjasnenija neobhodimosti pereocenki ih zapasov. UG, Skrunda, pp. 1142., VGF nr. **10275**.
7. Fokina, A.P., 1954. Otchet o detalnoj razvedke Slokskogo mestorozhdenija dolomitov. Rīga, pp. 227., 1 zīm., 50 graf. pielik. VGF nr. **5635**.
8. Freimanis, A., Meirons, Z., Hvedchnja, O., 1966. Otchet o rezultatah geologo-gidrogeologicheskij sjomke m-ba 1:200000 na territorii lista 0-34-XXX (Kurzemska ja GSP) 1965-1966 g.g. Riga, LGF. pp. 1983., 90 zīm., 142 graf. Pielik. VGF nr. **3261** 06447
9. Jansons, A., Bendrupe, L., Turkina, L., u.c. 1971. Otchet o rezultatah gidrogeologicheskij sjomke m-ba 1:50000 listov 0-34-107-G, 0-34-119-B, 0-34-120-A,B dlja vodosnabzhenija g. Jurmala 1967-1971 gody, pp. 812., 122 zīm., 23 graf. pielik. VGF nr 2400 09050
10. Kaprālis, J., 2009. Ģeotehniskā izpēte. Objekts: Jūrmalas ūdenssaimniecības attīstības projekta II kārtā (Ķemeru, Sloka, Kauguri) Ceļuprojekts, Rīga, pp. 51., 3 graf.pielik. VGF nr. **15476** 20923
11. Liepiņš, P., 1958. Litologo-facialnye karty devona Pribaltiki. VGF nr. 2576
12. Maļika, I., 2005. Hidroģeoloģisko apstākļu izmaiņas Ķemeru apkaimē un to modelēšana. / Maģistra darbs. / vad. Segliņš, V., Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte. Rīga, pp. 92.
13. Pērkone, E., 2010. Smilšaino nogulumu filtrācijas koeficienta un granulometriskā sastāva sakarības. Bakalaura darbs. / vad. Dēliņa, A., Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte. Rīga, pp. 100.

14. Pērkone, E., 2012. Filtrācijas koeficienta novērtējums devona klastiskajos nogulumiežos. Magistra darbs. / vad. Dēliņa, A., Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte. Rīga, pp. 112.
15. Pērkone, E., Dēliņa, A., Saks, T., Raga, B., Jātnieks, J., Klints, I., Popovs, K., Babre, A., Bikše, J., Kalvāns, A., Retiķe, I., Ukass, J., 2012. Studies and projections of hydraulic conductivity of Devonian Plavinu and Daugava carbonate aquifers in Latvia. Faculty of Geography and Earth science, University of Latvia, Riga, pp. 1.
16. Prilukova, M., Dumpe, R., Shulezhko, A., Vihor, N., 1982. Otchet ob izuchenie rezhima, balansa i vedenie gosudarstvennogo kadastra podzemnyh vod na territorii Latvijskoj SSR, 1981-82g. v 8 knigah, Riga, nr. 9895
17. Rade, I., 1944. Augšdevona d nodaļas nogulumi Slokas un Kalnciema rajonā. Magistra darbs. / vad. Delle, N., Latvijas Valsts Universitāte, Rīga, pp. 60.
18. Rīgas rajona Salas pagasta teritorijas plānojums 2005.-2017. Ar 2008. gada grozījumiem. 2008. Rīga, pp. 125.
19. Shvarcman, A., 1989. Otchet o dorazvedke mestorozhdenija dolomitov Sloka-II pole v predelah zemelnogo otvoda ceha dolomitovoj muki predpriyatija "Rigas cementnieks" Centrgeolnerud, Peski, pp. 201., 7 graf. Pielik. VĢF nr **1460** 10697
20. Stinkulis, Ģ., Augšdevona Franas stāva karbonātiskā slāņkopa. 7- Lekciju konspekts: Latvijas reģionālā ģeoloģija un ģeomorfoloģija priekšmetā (Ģeol5011), pp. 12.

Interneta resursi

1. 1.perioda Upju baseinu apgabalū apsaimniekošanas plāni 22.12.2009.–2015.g
<http://www.meteo.lv/lapas/vide/udens/udens-apsaimniekosana-/upju-baseinu-apsaimniekosanas-plani-/upju-baseinu-apsaimniekosanas-plani?id=1107&nid=424h>
2. International Hydrological Programme.
<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/>
3. Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L., January 2015 version of the ICS International Chronostratigraphic Chart
<http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2015-01.pdf>
4. History of continents. Schematic Palinspastic Reconstruction.
<http://webgeol.radio-canada.ca/en/expeditions/history/>
5. Kajak, K., 1997. Upper Devonian.
<http://www.geologia.info/>

6. Opytnye raboty pri gidrogeologicheskikh issledovaniyah. Serija v listah. List 6 - Pribory dlja izmerenija rashoda i urovnja vody pri otkachkah.
http://www.hge.spbu.ru/images/stories/IMG_9670.JPG
7. 1964. Fiziko-geograficheskij atlas mira. Pochvy. Moskva, pp. 86.–87.
<http://geochemland.ru/uploads/images/FGAM/086-087.jpg>
<http://www.atlassen.info/atlassen/russisch/fzgat01/fzgat01p.html>

PIELIKUMI

1. Grupveida sūknēšanas parametri.

4. tabula

11. att. attēlotajai shēmai. Sūknēšanas dati atradnē Sloka 1 pie diviem novērošanas urbumiem un trīs pazeminājumiem. Filtrācijas koeficienti ir aprēķināti pēc Dipi formulām (Fokina 1954:29).

Aprēķins pēc formulas	Pazeminājums	Q m ³ /dienn.	H	S	S ₁	S ₂	r	X ₁	X ₂	K
no 1. nov. urb.	1	13,8	5,20	0,53	0,052	-	0,058	30	-	5,83
no 2	1	13,8	5,20	-	0,052	0,032	-	30	100	25,53
no 1	1	13,8	5,20	0,53	0,032	-	0,058	100	-	6,50
no 1	1	13,8	5,20	0,53	0,027	-	0,058	141,4	-	6,89
no 1	2	38	5,20	1,58	0,095	-	0,058	30	-	5,81
no 2	2	38	5,20	-	0,095	0,05	-	30	100	31,52
no 1	2	38	5,20	1,58	0,05	-	0,058	100	-	6,54
no 1	2	38	5,20	1,58	0,037	-	0,058	141,4	-	6,93
no 1	3	74,3	5,20	3,43	0,17	-	0,058	30	-	6,64
no 2	3	74,3	5,20	-	0,17	0,72	-	30	100	28,5
no 1	3	74,3	5,20	3,43	0,072	-	0,058	100	-	4,41
no 1	3	74,3	5,20	3,43	0,063	-	0,058	141,4	-	7,90

K — Filtrācijas koeficients.

Q — sūknēšanas debits m³/dienn.

H — ūdensnesējslāņa biezums m.

S — statistiskā līmeņa pazemināšanās centrālajā urbumā.

S_1 un S_2 — statistiskā līmeņa pazemināšanās novērošanas urbumos.

X_1 un X_2 — attālums no novērošanas līdz centrālajam urbumam.

r — centrālā urbuma rādiuss.

pirmais pazeminājums $\kappa = 25,53$

otrais pazeminājums $\kappa = 31,52$

trešais pazeminājums $\kappa = 28,50$

vidējais $\kappa = 28,44 \sim 29$ m/diennaktī

2. Iežu ķīmiskais sastāvs procentuāli.

5. tabula

9. un 10. attēlos attēlotajiem ģeoloģiskajiem griezumiem.

Magnija oksīda un silīcija oksīdu ar augstākajiem oksīdiem procentuālais sastāvs Pļaviņu svītā. (Fokina 1954:20).

Iežu nosaukums	MgO %			SiO ₂ +R ₂ O ₃ %		
	no	līdz	vidējais	no	līdz	vidējais
Merģeļainais dolomīts	14,51	20,68	19,50	2,50	12,50	3,10
Stipri merģeļainais	16,60	18,74	17,86	11,74	20,25	15,30
Dolomitizēts merģelis	14,70	16,99	16,20	16,56	29,14	22,53
Merģelis	12,49	13,62	13,20	42,80	59,92	49,02

3. Pamatrādītāji .

6. tabula

8. att. Kartē atzīmētā šurfa, akas ar urbumu un pljaviņu urbuma №1606 no novērošanas stacijas Sloka 405 galvenie parametri.

1606 Urbums vecais Nr. SLO-410						
Koordinātas, km LKS						
X	Y	Urbšanas gads	konstrukcija	horizonts	Q l/s	q_ipatn. l/s
474909	6310074	1982	bezfiltra	D 3 pl	6,6	4,7
Diametrs, mm	Z[m]	pazemin.	K [m/dnn]	H, m	T, m2/dnn	stat. Līm. no z.v
132	2,73	1,4	36	16	432	1,99

Šurfs			
X	Y	Izmēri, m	H, m
475007	6310304	2,5x2,55	2,5

Aka				
X	Y	Diametrs, m	H, m	K [m/dnn]
475099	6310396	0,94	3	3,1

Urbums			
X	Y	Iekš. diametrs, m	H, m
455105	6310397	0,035	13

		<p>1. Kārtains ģipsis, šķiedru ģipsis (oranžais un balts) 2-3 m dziļuma no z.v</p>
		<p>Merģeļains māls, Merģelis (pelēks, zilganpelēks) 4 -5 m dziļuma no z.v</p>

		<p>Smilšakmens dolomitizēts, graudains, gaišbrūns.</p>
		<p>Merģeļains dolomīts, pelēks un melns</p>

		<p>Dolomīts, dolomīts ar kalcītu kristāliem kontaktā (bēšs un dzidrie kristāli)</p>
---	--	---



20.att. Serdes paraugi no urbuma, diametrs 5-5,5 cm.

4. Detalizēto aprēķinu un novērojumu dati

7. tabula

4.1 Sūknēšanā novērojumu dati.

Sūknēšana no akas 1.05.2014.

Laika periods: 16:23 – 17:27

t, min	l _{aka} , cm
0	73,5
8	55,5
22	40,5
35	26,5
47	11,5
64	0

Sūknēšana no šurfa 4.05.2014.

Laika periods: 12:11 – 12:49

t, min	l _{šurfa} , cm
0	14,9
5	12,4
10	10,9
15	8,4
18	7,4
21	5,4
30	3,4
32	1,9
36	0,4
38	0

Sūknēšana no akas 22.04.2015

Laika periods: 11:41 – 12:43

t, min	l _{aka} , cm	l _{urb} , cm
0	131	5,5
17	107	4,5
21	94	3,5
25	89	3
28	82	2,5
30	77	2
33	73	1,5
35	68	1
39	60	0,8
42	55	0,8
45	49	0,6
48	43	0,5
50	38	0,5
52	33	0,4
55	28,5	0,4
57	25	0,3
60	20	0,3
62	13	0,2
66	9	0,1
70	3	0
73	0	0

4.2 Līmeņa atjaunošanās novērojumu dati.

Līmeņa atjaunošanās no akas 1.05.2014.

Laika periods: 17:27 – 20:17

t, min	0	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
l, cm	0	4	4	6	9	11	12,5	14	17	18	19	20,5	20,5	22,5	24	25	25,5	27	27,5	28

t, min	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75	77	79
l, cm	30	30,5	31,5	33	34,5	35,5	36	37	37,5	38,5	39,5	40	40,5	41,5	42,5	43,2	44	44,5	45	45,5

t, min	81	83	85	88	90	94	96	99	101	103	105	107	109	111	113	115	117	121	124	130	135	140	145	164
l, cm	46,5	47	45,5	46	47	48	48,5	49,5	49,5	51	51,2	52	52,5	53	53,2	53,5	54	54,4	54,5	56	56,7	56	57	60

Līmeņa atjaunošanās no šurfa 3.05.2014.

Laika periods: 12:51 – 20:00

t, min	0	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	26	30	33	37	43	49	55	59	64
l, cm	0	0,4	0	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,2	2,2	2,3	2,5	2,7	3	3,1	3,3	3,5	3,9	4,2	4,2

t, min	68	71	80	85	90	102	110	119	126	138	149	160	170	180	189	199	207	217	227	241
l, cm	4,5	4,7	4,9	5	5,2	5,5	5,8	6	6,1	6,5	7	7,1	7,2	7,3	7,7	7,9	8	8,2	8,3	8,7

t, min	309	366	426
l, cm	9,4	10,2	10,7

Līmeņa atjaunošanās no akas un urbuma 22.04.2015.

Laika periods: 12:46 – 20:00

t, min	0	3	5	7	9	12	13	15	17	19	23	26	29	32	36	39	43	47	53	59
l _{aka} , cm	0	4	6	10	15	17	20	22	26	31,5	35	38	42	44	46,5	50	55	58	62	66
l _{urb} , cm	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1

t, min	64	69	72	77	81	86	92	102	105	113	118	126	132	146	165	175	422
l _{aka} , cm	69,5	72	74	75,5	78	80	82	85	86	88,5	90	92	93	96	99,5	100,5	109,5
l _{urb} , cm	1	1	1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	2	2,1	

Maģistra darbs „Pļaviņu svītas dolomītu filtrācijas īpašības Slokas apkārtnē” izstrādāts LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē.

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

Autors: Andrejs Zaļetovs

_____ ./ ./2015.
paraksts datums

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Zinātniskais vadītājs: Docents, Dr. Ģeol. Aija Dēliņa

_____ ./ ./2015.
paraksts datums

Recenzents: amats, zinātn. grāds Vārds Uzvārds

Darbs iesniegts Ģeoloģijas nodaļas lietvedībā datums

Nodaļas lietvede _____ ./ ./2015.
paraksts datums

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Maģistra darbs aizstāvēts ģeoloģijas maģistra gala pārbaudījumu komisijas sēdē

2015./ / . protokola nr. vērtējums

gads, datums, mēnesis

Sekretārs Vārds Uzvārds

_____ ./ ./2015.
paraksts datums