

**Rīgas Tehniskā universitāte
VIDES MODELĒŠANAS
CENTRS**

**Ietekmes uz vidi novērtējums par hidroloģiju un
ģeoloģiju derīgo izrakteņu atradnei Lejasnoras Ropažu
novadā**

**Aktualizēts
pārskats**

Rīga – septembris, 2019

Ietekmes uz vidi novērtējums par hidroloģiju un ģeoloģiju derīgo izrakteņu atradni Lejasnoras Ropažu novadā

Pārskatā iekļauti rezultāti, kas iegūti Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes Vides modelēšanas centrā, īstenojot 2019. gada 19. martā noslēgto līgumu starp SIA “Vides eksperti” un Rīgas Tehnisko universitāti.

Rezultāti ietver ietekmes uz vidi vērtējumu par meteoroloģiskajiem, ģeoloģiskajiem, hidroloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem atradni “Lejasnoras” un tai piegulošajai teritorijai.

Pārskatā ir 47 lpp., kas satur 34 attēlus un 16 tabulas. Pārskata pielikumā iekļauti 14 attēli uz 12 lpp. Kopā 59 lpp.

Pārskata sagatavošanā piedalījās Inta Lāce, Kaspars Krauklis, Viesturs Šķibelis, Irina Eglīte, Antons Mačāns

Adrese:

Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs
Daugavgrīvas iela 2, Rīga, LV-1007, Latvija
Tālr.: +371 7089511
E-mail: aivars.spalvins@rtu.lv
URL: <http://www.emc.rtu.lv>

RTU, VMC direktors
_____A.Spalviņš

Saturs

1. Ievads	6
2. Meteoroloģisko apstākļu novērtējums	7
3. Izpētes apgabala ģeoloģiskā uzbūve	11
4. Hidroloģisko apstākļu novērtējums	12
5. Hidroģeoloģisko apstākļu novērtējums	17
6. Derīgo izrakteņu atradnes izpētes apgabalā un to hidroģeoloģiskā modelēšana	25
7. Derīgo izrakteņu atradnes “Lejasnoras” hidroģeoloģiskās modelēšanas rezultāti	26
8. Derīgo izrakteņu atradņu grupu hidroģeoloģiskās modelēšanas rezultāti	34
9. Lokālā hidroģeoloģiskā modeļa apraksts	42
10. Secinājumi	44
11. Izmantotie informācijas avoti	46

Attēli

1. Vispārīgie attēli

- 1.1. att. Izpētes apgabala topogrāfiskā karte ar derīgo izrakteņu atradņu kontūriem un dabas lieguma “Lielī Kangari” robežu
- 1.2. att. Iepriekšējo gadu (2005.g.-2015.g.) sezonas vidējais un 2017.g. un 2018.g. līmenis [m vjl] Lielās Juglas upes novērošanas stacijā Zaķi
- 1.3. att. Iepriekšējo gadu (2005.g.-2015.g.) sezonas vidējais un 2017.g. un 2018.g. caurplūdums [m³/sek] Lielās Juglas upes novērošanas stacijā Zaķi
- 1.4. att. Mēneša vidējā gaisa temperatūra °C Rīgā [3, 2.4. att.]
- 1.5. att. Iepriekšējo gadu (1990.g.-1999.g.) sezonas vidējā ūdens temperatūra °C Lielās Juglas upes novērošanas stacijā Zaķi.
- 1.6. att. Vēja virziena atkārtotāšanās biežums [%] Rīgā [3, 2.9. att.]
- 1.7. att. Bezvēja atkārtotāšanās biežums [%] Rīgā [3, 2.11. att.]
- 1.8. att. Mēneša vidējais vēja ātrums [m/sek] Rīgā [3, 2.10. att.]
- 1.9. att. Izpētes apgabala bāzes karte ar HM hidrogrāfisko tīklu, derīgo izrakteņu atradņu izvietojumu un dabas lieguma “Lielie Kangari” robežu
- 1.10. att. Virtuālo novērošanas punktu izvietojums pazemes ūdens līmeņa izmaiņu noteikšanai. Atradņu centri A1–A6; dabas lieguma “Lielie Kangari” robeža: L1-L8; viensētas : M1, M2, M3;
- 1.11. att. Reljefa virsmas un virszemes noteces virzienu izometriskais attēlojums

2. Netraucētais vides stāvoklis

- 2.1. att. Izpētes apgabala reljefa augstuma [m vjl] izolīniju karte
- 2.2. att. Kvartāra horizonta Q2 gruntsūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte
- 2.3. att. Horizonta D3dg# pazemes ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte
- 2.4. att. Horizonta D3pl pazemes ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte
- 2.5. att. Pazemes ūdens barošanās, tranzīta un atslodzes apgabali horizontā Q2 ar gruntsūdens līmeņa [m vjl] izolīnijām
- 2.6. att. Infiltrācijas sadalījums [mm/gadā] aerācijas zonā aer
- 2.7. att. Infiltrācijas sadalījums [mm/gadā] sprostslānī gQ2z
- 2.8. att. Infiltrācijas sadalījums [mm/gadā] sprostslānī D3slp#z
- 2.9. att. Griezums R-A ar pazemes ūdens līmeņa [m vjl] izolīnijām un infiltrāciju [mm/gadā]
- 2.10. att. Griezums D-Z ar pazemes ūdens līmeņa [m vjl] izolīnijām un infiltrāciju [mm/gadā]
- 2.11. att. Aerācijas zonas biezuma [m] karte
- 2.12. att. Gruntsūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīnijas horizontā Q2, kuru rada hidrogrāfiskā tīkla ietekme

3. Darbojas derīgo izrakteņu atradne “Lejasnoras”

- 3.1.att. Kvartāra horizonta Q2 gruntsūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte, ja darbojas atradne “Lejasnoras”
- 3.2.att. Kvartāra horizonta Q2 gruntsūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīniju karte, ja darbojas atradne “Lejasnoras”
- 3.3.att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte, ja darbojas atradne “Lejasnoras”
- 3.4.att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīniju karte, ja darbojas atradne “Lejasnoras”
- 3.5. att. Atradnes “Lejasnoras” apkārtnes topogrāfiskā karte ar horizonta D3dg# ūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīnijām

4. Darbojas derīgo izrakteņu atradņu grupas

- 4.1. att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte, ja darbojas atradnes “Dutkas”, “Jaundutkas” un “Sienāži”
- 4.2.att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīniju karte, ja darbojas atradnes “Dutkas”, “Jaundutkas” un “Sienāži”

- 4.3. att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte, ja darbojas atradnes “Lejasnoras”, “Kalnagrāvīši” un “Ārēni”
- 4.4.att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīniju karte, ja darbojas atradnes “Lejasnoras”, “Kalnagrāvīši” un “Ārēni”
- 4.5. att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte, ja darbojas visas atradnes
- 4.6.att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīniju karte, ja darbojas visas atradnes

Pielikuma attēli

1a. Attēli, kas ietver reģionāla rakstura informāciju

- 1.1a. att. Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 izmantošana vides problēmu risināšanai
- 1.2a. att. Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 teritorija ar iezīmētu lokālā HM kontūru un reģionālo griezumu R-A un D-Z novietojumu [20]
- 1.3a. att. Latvijas pazemes ūdensobjektu karte ar iezīmētu lokālā HM kontūru [20]
- 1.4a. att. Pazemes ūdens līmeņa izolīnijas pamatiežos ar iezīmētu lokālā HM kontūru [20]
- 1.5a. att. LAMO4 izmantotā ģeoloģisko slāņu vertikālā shematizācija [20]
- 1.6a. att. Latvijas pamatiežu ģeoloģisko robežu karte ar iezīmētu lokālā HM kontūru [20]
- 1.7a. att. Reģionālais griezums R-A ar iezīmētu lokālā HM atrašanās vietu. Parādītas pazemes ūdens līmeņa izolīnijas un infiltrācija, iegūts apstrādājot LAMO4 datus ar VMC programmatūru [19]
- 1.8a. att. Reģionālais griezums D-Z ar iezīmētu lokālā HM atrašanās vietu. Parādītas pazemes ūdens līmeņa izolīnijas un infiltrācija, iegūts apstrādājot LAMO4 datus ar VMC programmatūru [19]
- 1.9a. att. Kvartāra ģeoloģisko nogulumu karte ar iezīmētu modeļa apgabalu [12]

2a. Izpētes apgabalā ietverto ūdensteču līmeņu profili

- 2.1a. att. Lēģerurgas (U1) ūdens līmeņa profils
- 2.2a. att. Pietenupes (U2) ūdens līmeņa profils
- 2.3a. att. Vāverkroga novadgrāvja (U3) ūdens līmeņa profils
- 2.4a. att. Lielās Juglas upes (U4) ūdens līmeņa profils
- 2.5a. att. Mazās Juglas upes (U5) ūdens līmeņa profils

Tabulas

1. tabula Horizonta D3dg ūdens vadāmību un filtrācijas koeficientu dati, kas izmantoti dolomīta atradņu hidroģeoloģiskajai modelēšanai
2. tabula Pārskats par ūdenstecēm, kas iekļautas HM
3. tabula Pārskats par ūdenstilpnēm, kas iekļautas HM
4. tabula Pārskats par ūdensteču gultnes kritumu
5. tabula Netraucētā stāvokļa pazemes ūdens plūsmu balance
6. tabula Ūdensobjektu netraucēto plūsmu vērtības, kas izmantotas derīgo izrakteņu atradņu ietekmes novērtēšanai
7. tabula A-kategorijas dolomīta ieguve [tūkst.m³] izpētes apgabala derīgo izrakteņu atradnēs 2013.g.- 2018.g.
8. tabula Derīgo izrakteņu atradņu dolomīta slāņkopu akceptētie raksturlielumi
9. tabula Pazemes ūdens līmeņu pazeminājums [%] atradņu laukumu centros, kuru novietojums skatāms 1.10. att.
10. tabula Pazemes ūdens līmeņu pazeminājums [m] virtuālajos novērošanas punktos, ja darbojas atsevišķas atradnes. Punktu novietojums skatāms 1.10. att.
11. tabula Ūdensobjektu plūsmu samazinājums [%] atsevišķu dolomīta atradņu darbības dēļ
12. tabula Pazemes ūdens plūsmu balance, ja darbojas atradne "Lejasnoras"
13. tabula Pazemes ūdens līmeņu pazeminājums [m] virtuālajos novērošanas punktos, ja darbojas atradņu grupas. Punktu novietojums skatāms 1.10. att.
14. tabula Pazemes ūdens pietece, ja darbojas atradņu grupas vai atsevišķas atradnes
15. tabula Ūdensobjektu plūsmu samazinājums [%] dolomīta atradņu grupu darbības dēļ
16. tabula Lokālā hidroģeoloģiskā modeļa vertikālā shematizācija

Pārskatā bieži izmantotie saīsinājumi un mērvienības

Saīsinājumi

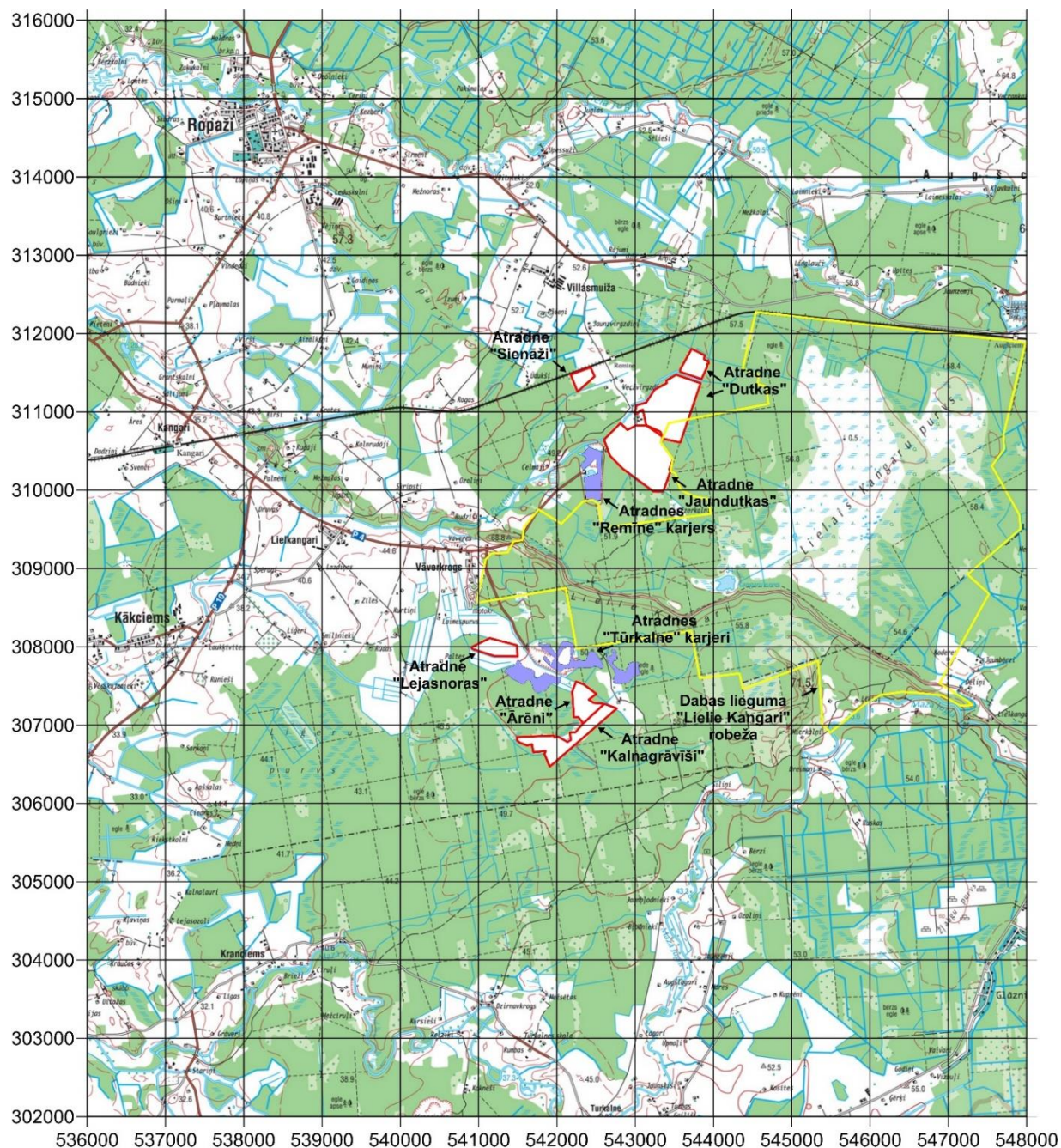
LVĢMC	Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centrs
RTU	Rīgas Tehniskā universitāte
LĢIA	Latvijas Ģeotelpiskās Informācijas aģentūra
VMC	Vides modelēšanas centrs
LAMO4	Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa 4. versija
HM	Hidroģeoloģiskais modelis
L.k., K.k.	Labais, kreisais krasts ūdenstecei
x, y, z	Dekarta koordinātes 3D-telpā
m	Ģeoloģiskā slāņa biezums
m_{aer}	Aerācijas zonas biezums ir gruntsūdens līmeņa ieguluma dziļums
k	Ģeoloģiskā slāņa filtrācijas koeficients
g	Ģeoloģiskā slāņa ūdens vadāmība
φ, ψ	Aprēķināti, fiksēti pazemes ūdens līmeņi
q	Ūdens plūsma
v	Infiltrācija ūdens horizontā
L	Laukums
T	Temperatūra
t	Laiks

Mērvienības

metrs (m), kilometrs (km)	x, y, m, m_{aer}
metri virs jūras līmeņa	
m_{vj}	φ, ψ, z
m/dnn	k
m^2/dnn	g
m^3/dnn	
m^3/sek , litri/sek (l/sek)	q
mm/gadā	v
metrs ² , (m ²) kilometrs ² (km ²)	L
grādi °C	T
gads, diennakts (dnn), sekunde (sek)	t

1. Ievads

Pamatojoties uz 2019. gada 19. martā noslēgto uzņēmuma līgumu par pakalpojumu sniegšanu starp SIA "Vides eksperti" un Rīgas Tehnisko universitāti (RTU), universitātes Vides modelēšanas centra (VMC) speciālisti sagatavoja ietekmes uz vidi vērtējumus par meteoroloģiskajiem, ģeoloģiskajiem, hidroloģiskajam un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem Ropažu novadā 12km×14km izmēra izpētes teritorijai (1.1. att.). Teritorijas topogrāfiskā karte ir LĢIA produkta. Tajā atrodas derīgo izrakteņu atradnes "Remīne", "Dutkas", "Jaundutkas", "Sienāži", "Tūrkalne", "Lejasnoras", "Kalnagrāviši" un "Ārēni". "Lejasnoru" atradnes kontūrs iegūts no pārskata [2, 2. pielikums]. Pārējo atradņu kontūri], un dabas lieguma "Lielie Kangari" robeža iegūti no pārskata [3, 2.12. att.].



1.1. att. Izpētes apgabala topogrāfiskā karte ar derīgo izrakteņu atradņu kontūriem un dabas lieguma "Lielie Kangari" robežu

Pārskatā ietvertie galvenie rezultāti ir iegūti ar hidroloģiskās un hidroģeoloģiskās modelēšanas metodēm. Lokālais hidroģeoloģiskais modelis (HM) izpētes apgabalam izveidots, izmantojot Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 datus [18, 19], (1.1a. att.).

Pārskats sagatavots, vadoties no Vides pārraudzības valsts biroja apstiprinātās programmas [1] prasībām par minēto derīgo izrakteņu atradņu mijiedarbības novērtēšanu un atradnes “Lejasnoras” pazemes ūdens līmeņa pazeminājuma piltuves un dolomīta ieguves karjera pazemes pieteces aprēķināšanu.

Pārskatā veikta derīgo izrakteņu atradņu darbības kvalitatīvā un kvantitatīvā analīze, izmantojot ar hidroloģisko un hidroģeoloģisko modelēšanu iegūtos skaitliskos un grafiskos datus par atradņu pazemes ūdens pazeminājuma (depresijas) piltuvēm un ūdens pietecēm nosusināto atradņu karjeros. Modelēšanas rezultāti raksturo visnelabvēlīgāko atradņu izmantošanas stāvokli: ūdens līmeņa pazeminājums visā atradnes laukumā un dziļumā, atradnes darbojas ilgstoši bez pārtraukuma.

Ievērota atradņu “Remīne” un “Tūrkalne” appludināto karjeru kā mākslīgo ūdenstilpņu ietekme.

Novērtēta atradņu izmantošanas ietekme uz izpētes apgabala ūdenstecēm, infiltrācijas plūsmu aerācijas zonā un Pļaviņu ūdens horizontā D3pl.

Izveidots virtuālu novērošanas punktu tīkls, kas dod skaitliskus datus par atradņu izmantošanas ietekmi uz dabas liegumu “Lielie Kangari” (8 punkti) un viensētām (3 punkti).

Atradnes “Lejasnoras” ietekme uz vides hidroloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem novērtēta, ievērojot arī pārējo derīgo izrakteņu atradņu darbību.

Pārskata datus un metodiku var izmantot arī citu atradņu ekspluatācijas režīmu darbības novērtēšanai un atradņu mijiedarbības prognozēšanai.

2. Meteoroloģisko apstākļu novērtējums

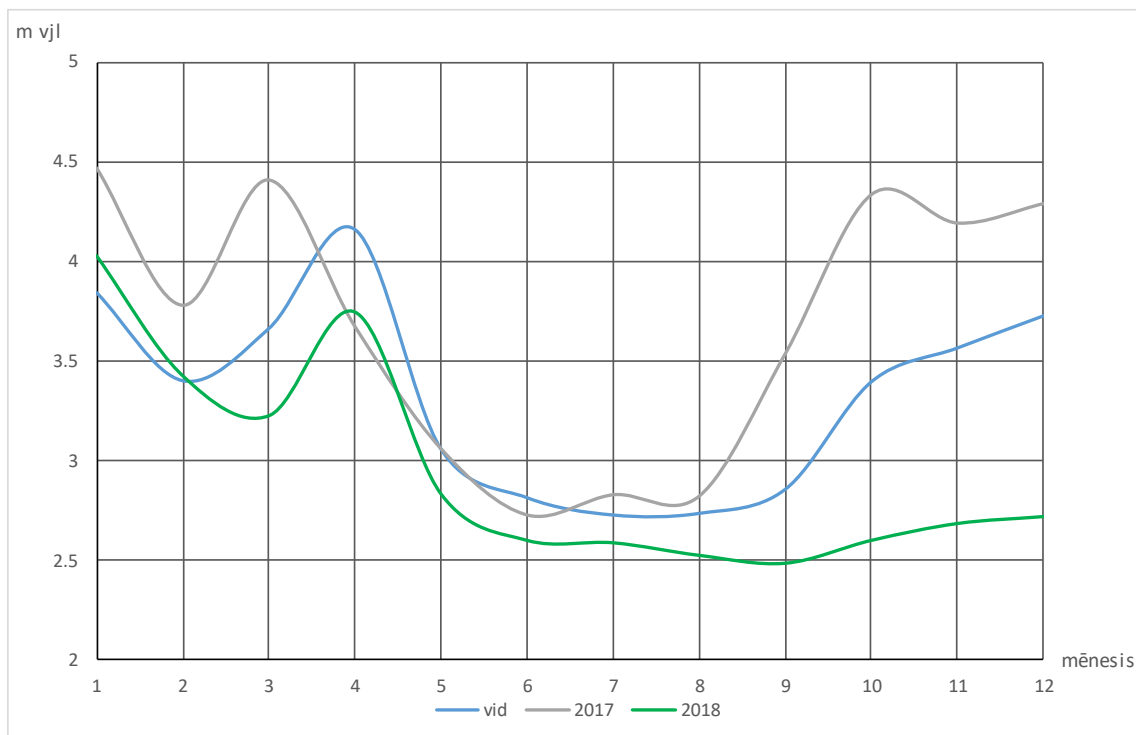
Pētījumi īstenoti izpētes apgabalā ar izmēru $12\text{km} \times 14\text{km} = 168\text{km}^2$ (skat. 1.1. att.). Izpētes apgabals atrodas Madlienas nolaidenumā atbilstoši Latvijas fiziogeoģrāfiskajai rajonēšanas kartei [12, 12. lpp.]. Apgabalā AR virzienā tek Lielās un Mazās Juglas upes, kuras apgabala A–malā šķir tikai 5km. Virzienā AR zemes virsmas augstums samazinās no 58 m vjl līdz 34 m vjl, t.i., tās vidējais slīpums ir $\sim 2\text{m/km}$.

No gada nokrišņu daudzuma kartes [12, 13. lpp.] var konstatēt, ka vidēji gada nokrišņu summa apgabalā ir 820mm un no tās 63% (516mm) izgaro [10, 2. sējums 151. lpp.]. Atlikums 304mm/gadā nonāk hidroģrāfiskajā tīklā kā virszemes un pazemes noteču summa, kuras vērtība ir tuva būvnormatīvu [17, 4. pielikums par ilggadīgu gada vidējās noteces slāni] prognozei.

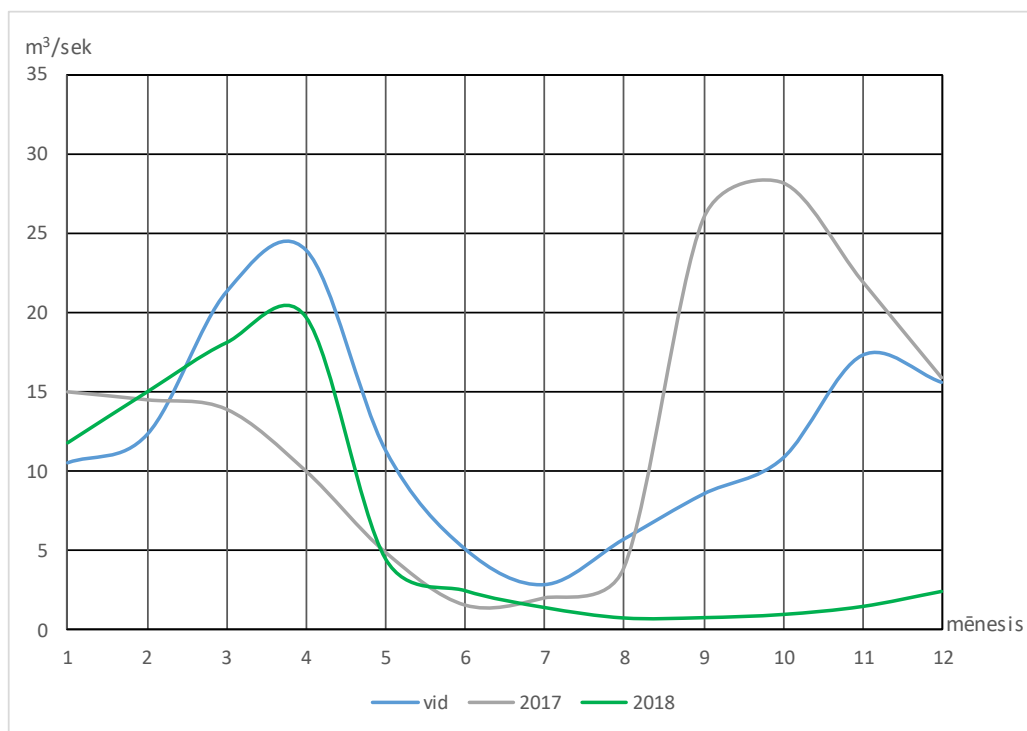
Izpētes apgabalā gada vidējā pazemes notece ir 74mm/gadā, kas iegūta, analizējot hidroloģisko novērošanas staciju Zaķi (Lielā Jugla) un Stariņi (Mazā Jugla) datus [15, 137. lpp.]. Staciju vidējā pazemes notece $q_p = 0.5 \times (85 + 63) = 74\text{mm/gadā}$. Izmantojot ar HM aprēķinātos q_p , var prognozēt ūdensteču caurplūdes $q_u = 4.1q_p$ ($304/74 \sim 4.1$).

Izmantojot LVĢMC datus [9] par novērošanas staciju Zaķi, pa gadiem ar EXCEL tiek aprēķināti iepriekšējo gadu sezonas vidējo un 2017.g. un 2018.g. Lielās Juglas upes ūdens līmeņu (1.2. att.) un caurplūduma (1.3. att.) izmaiņu grafiki. Ūdens līmeņu un caurplūdumu grafiki ir sinhroni, bet caurplūduma maiņa ir daudzkārt lielāka nekā līmeņiem. Izmaiņām ir sezonāls raksturs. Īpaši no ilgāka

perioda vidējo vērtību līkņēm atšķiras “slapjā” 2017.g. un “sausā” 2018.g. grafiki. Pavasara palos var aizplūst pat 60% no gada caurplūduma [10, 3. sējums, 127. lpp.].

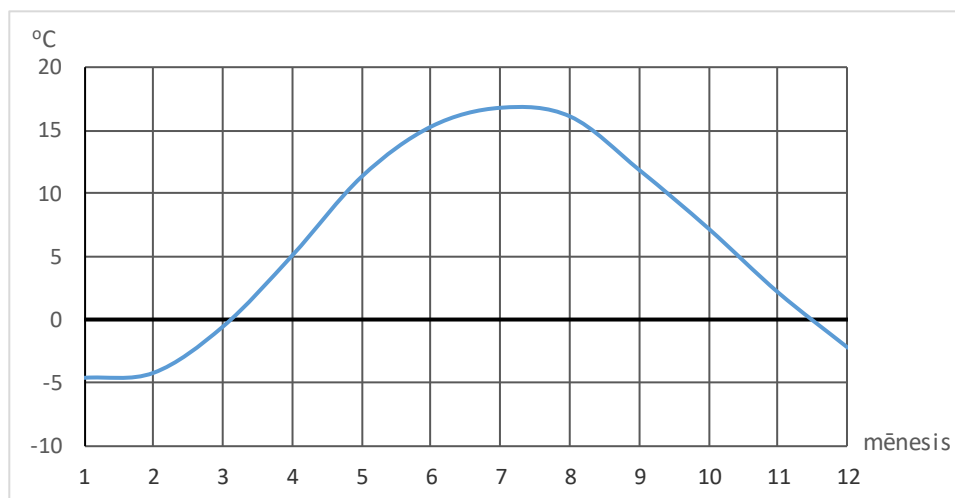


1.2. att. Iepriekšējo gadu (2005.g.-2015.g.) sezonas vidējais un 2017.g. un 2018.g. līmenis [m vjl]
Lielās Juglas upes novērošanas stacijā Zaķi

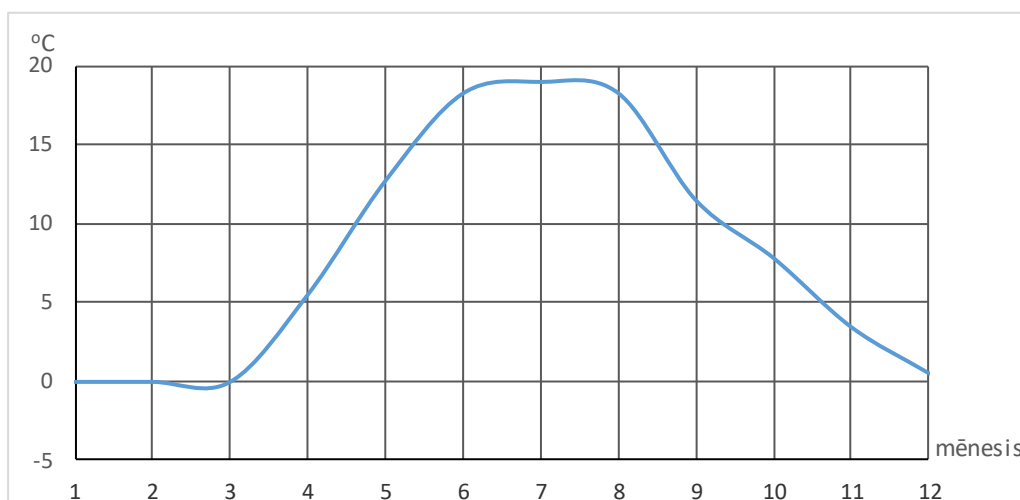


1.3. att. Iepriekšējo gadu (2005.g.-2015.g.) sezonas vidējais un 2017.g. un 2018.g. caurplūdums [m³/sec] Lielās Juglas upes novērošanas stacijā Zaķi

Par gaisa un ūdens temperatūru izmaiņām Rīgā, kur ir tuvākā meteoroloģisko novērojumu stacija, un Lielās Juglas upē informē 1.4. att. un 1.5. att. Bez sala laikā gaisa un ūdens temperatūru izmaiņas ir sinhronas. Jūlija mēnesī tās pārsniedz 15 °C. Izpētes apgabalā ir mēreni vēss un mitrs klimats [10, 1. sējums, 21. lpp.]. Gada aktīvo temperatūru (>10 °C) summa ir 1800-1900.



1.4. att. Mēneša vidējā gaisa temperatūra °C Rīgā [3, 2.4. att.]

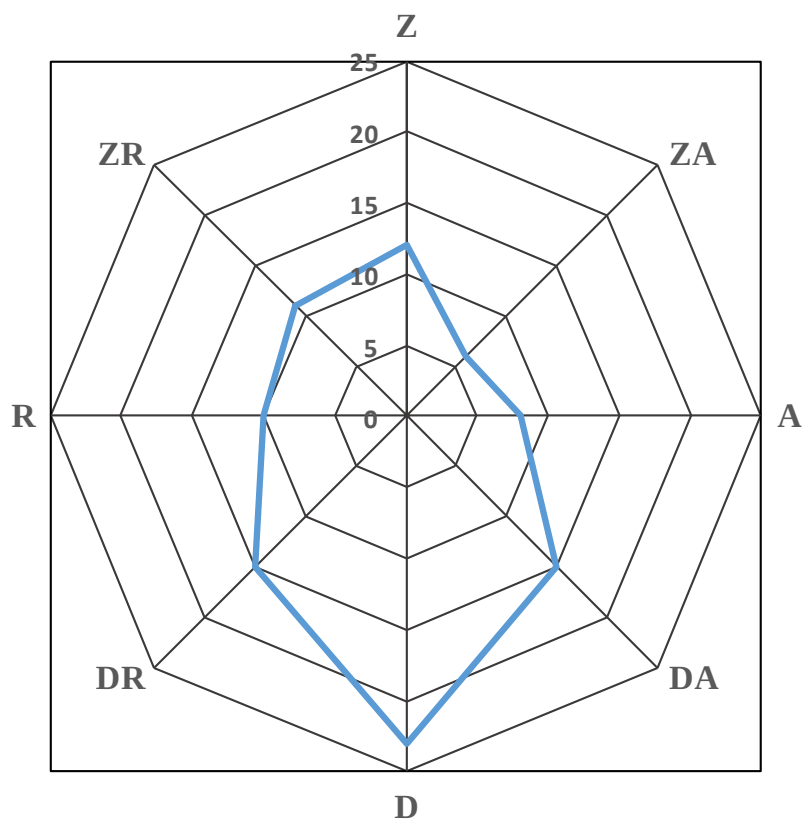


1.5. att. Iepriekšējo gadu (1990.g.-1999.g.) sezonas vidējā ūdens temperatūra °C Lielās Juglas upes novērošanas stacijā Zaķi.

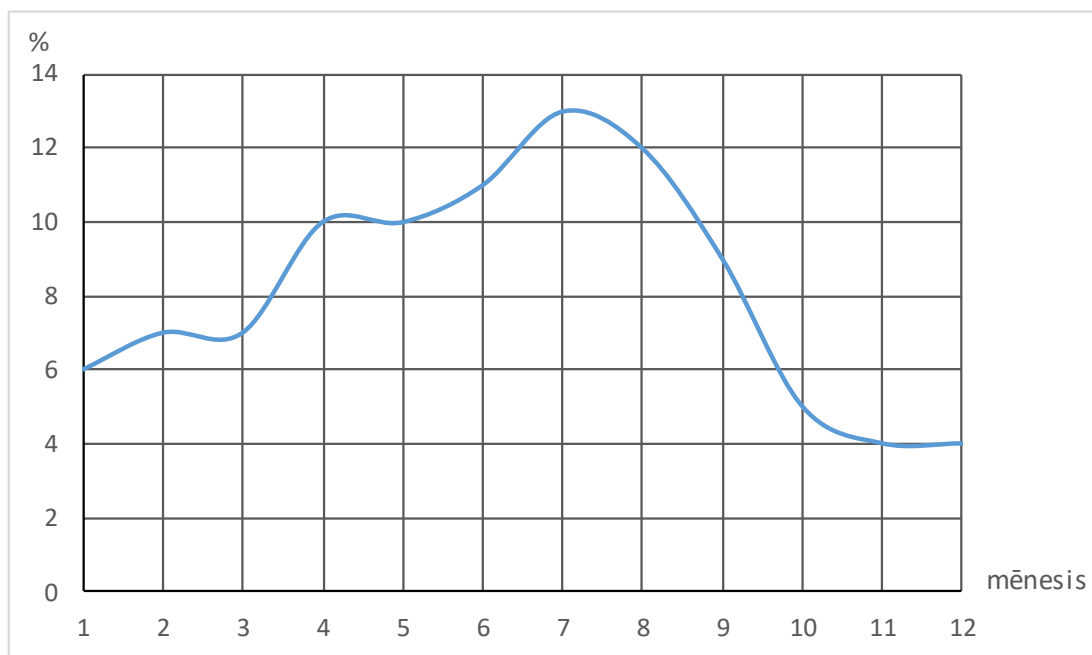
Par vēja virziena atkārtotāšanās biežumu izpētes apgabalā liecina Rīgas novērojumu stacijas ilggadīgie dati (skat. 1.6. att.), kas iegūti no pārskata [3]. Valdošie ir D, DR un DA vēji (23%, 15% un 15%). Vēja virzieni ZA un A ir mazāk iespējami (6% un 8%). Bezvēja iespējamība ir 8%. Tā atkārtotāšanās biežumu parāda 1.7. att. grafiks. Visbiežāk (13%) bezvējš novērots augustā. Par mēneša vēja ātrumu informē 1.8. att. Mazākais vēja ātrums (~3.6m/sek) iespējams augustā un septembrī.

Klimata izmaiņu dēļ laikā no 1961.g. līdz 2010.g.visas gada vidējās temperatūras (gada, vasaras, ziemas) ir pieaugušas par 0.7 °C. Nedaudz pieaudzis veģetācijas perioda dienu skaits (195→197). sala dienu skaits ir samazinājies (134→125) [16].

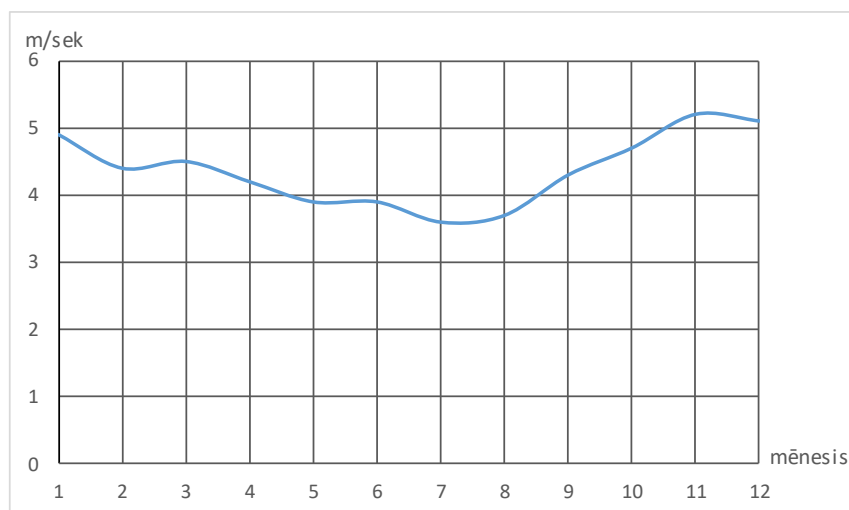
Vēja virziena atkārtotības biežums [%] Rīgā								
Z	ZA	A	DA	D	DR	R	ZR	bezvējš
12	6	8	15	23	15	10	11	8



1.6. att. Vēja virziena atkārtotības biežums [%] Rīgā [3, 2.9. att.]



1.7. att. Bezvēja atkārtotības biežums [%] Rīgā [3, 2.11. att.]



1.8. att. Mēneša vidējais vēja ātrums [m/sek] Rīgā [3, 2.10. att.]

3. Izpētes apgabala ģeoloģiskā uzbūve

Izpētes apgabala ģeoloģiskā uzbūve (slāņu biezums, to virsmas) iegūta no Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4, kura ģeoloģiskās izpētes dati iegūti no LVĢMC. Izpētes apgabalā izmantots LĢIA izveidotais digitālais reljefs ar datu režģa soli 20m.

Kā var spriest no Latvijas pamatiežu ģeoloģisko slāņu robežu kartes (1.6a. att.) un reģionālajiem griezumiem R-A un D-Z (1.7a. att. un 1.8a. att.), zem kvartāra nogulumiem Q2 un gQ2z izpētes apgabalā atrodas Daugavas ūdens horizonts D3dg#, kurā jau notiek un tiek plānota atradnes “Lejasnoras” dolomīta ieguve. Ģeoloģisko slāņu šifri atbilst Latvijas hidroģeoloģiskajā modelī LAMO4 izmantotajai vertikālajai shematizācijai (1.5a. att.). Zem Daugavas horizonta atrodas sprosslānis D3slp#z, kas samazina ūdens horizonta D3pl ietekmi uz dolomīta atradnēm. Apgabala ZR stūrī slāņu D3dg# un D3slp#z biezums ir nulle (skat. 1.6a. att., 1.7a. att. un 1.8a. att.).

Hidroģeoloģisko un hidroģeoloģisko apstākļu novērtēšanai, pielietojot HM (skat. 9. iedaļu), tiek izmantota izpētes apgabala virsmas reljefa karte, aerācijas zona kā sprosslānis aer, ūdens horizonts Q2, sprosslānis gQ2z, horizonts D3dg#, sprosslānis D3slp#z un horizonta D3pl ūdens līmeņu karte kā robežnoteikums. Dziļākie pamatiežu nogulumi praktiski neietekmē dolomīta atradnes horizontā D3dg#.

Horizontus D3gj2 un D3gj1 var izmantot kvalitatīva dzeramā ūdens ieguvei. Izpētes apgabalā viensētas dzeramo ūdeni iegūst grodu akās un arī urbemos.

Izmantota kvartāra ģeoloģisko nogulumu karte [11] (1.9a. att.) visai Latvijas teritorijai kā pieņemams vispārinājums par kvartāra uzbūvi izpētes apgabalā. Kartē redzams, ka izpētes apgabalā to izcelsme ir saistīta ar ledāju kušanas procesiem. Apgabalā sastopami limnoglaciāli (māls, aleirīti, smilts) un morēnas (mālsmilts un smilšmāls) tipu nogulumi. Apgabalā atrodas Latvijā lielākais osu valnis Lielie Kangari, kas arī izveidojies, ledāja kušanas ūdeņu nesto nogulumu akumulācijas rezultātā [10, 3. sējums, 134. lpp.].

No pārskatiem par atradnēm [2, 3, 4, 5, 6] var secināt, ka to hidroģeoloģisko režīmu pētniecībai ir izmantoti pretrunīgi dati par Daugavas horizonta D3dg# ūdens vadāmību un filtrācijas koeficientu (skat. 1. tabulu).

Nav ticamas filtrācijas koeficienta k vērtības atradnēs “Lejasnoras” un “Sienāži” (53m/dnn un 100m/dnn). Pārskatā [2] paskaidrots, kāpēc atradnei “Lejasnoras” hidroģeoloģiskajai modelēšanai

akceptēts $k = 53\text{m/dnn}$. Šāda vērtība iegūta, veicot viena urbuma atsūkņēšanu tikai 1.5 stundas ar ražību $2.0\text{ m}^3/\text{stundā}$. Gruntsūdens līmeņa pazeminājums urbumā 0.54m . Plaisainā slānī īsas un zemas ražības atsūkņēšanas rezultātā noteiktā k vērtība parasti ir augsta un maz ticama. Palielinot atsūkņēšanas laiku un ražību, atsūkņēšanā ietekmētais tilpums iezi pieaug, kā arī ūdens plūsma plaisās kļūst turbulenta. Tāpēc tad iegūst mazākas un ticamākas k vērtības.

1. tabula

Horizonta D3dg ūdens vadāmību un filtrācijas koeficientu dati, kas izmantoti dolomīta atradņu hidroģeoloģiskajai modelēšanai

N.p.k.	Atradnes nosaukums	Ūdens vadāmība [m ² /dnn]	Filtrācijas koeficients [m/dnn]	Slāņa biezums [m]
1.	Dutkas	70	11.5	6.1
2.	Jaundutkas	123	12.8	9.6
3.	Sienāži	990	100.0	9.9
4.	Lejasnoras	316	53.0	5.9
5.	Kalnagrāvīši	130	15.0	8.7
6.	Ārēni	130	15.0	8.7

Vērtība $k = 53\text{m/dnn}$ akceptēta galvenokārt tāpēc, ka 2011. gadā arī atradnē “Tūrkalne” modelēšanai izmantoja $k = 53\text{m/dnn}$. Šajā atradnē dažādos urbumos iegūtas ļoti atšķirīgas k vērtības ($155 > k > 10$). Atradņu “Kalnagrāvīši” un “Ārēni” modelēšanai 2014. gadā izmantoja $k = 15\text{m/dnn}$ [3], kas atbilda “Tūrkalnes” karjera reālajai atsūkņēšanas ražībai $\sim 1700\text{m}^3/\text{dnn}$ (ražība stundā 70.5m^3).

Vērtība $k = 100\text{ m/dnn}$ atradnei “Sienāži” pieņemta voluntāri, atsaucoties un atradnes “Remīne” modelēšanai izmantotajiem datiem [6].

Modelī LAMO4 horizontam D3dg# vidēji $k = 9.4\text{m/dnn}$ [22]. Šāds rezultāts iegūts, izmantojot no LVĢMC saņemtos ekspluatācijas urbumu atsūkņēšanas datus.

Pārskatā visām atradnēm modelēšanai izmantots $k = 15\text{m/dnn}$, kas atradņu laukumā nodrošina ūdens vadāmību $130\text{ m}^2/\text{dnn}$ un apmierinoši atbilst to ūdens vadāmībām 1. tabulā.

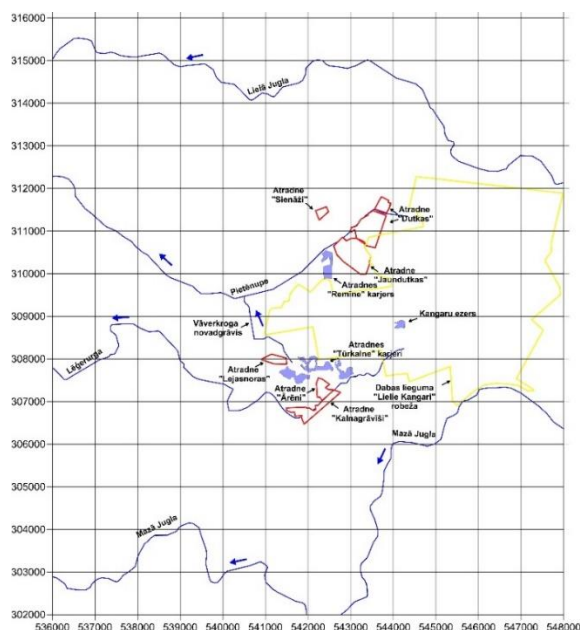
Izpētes apgabalā karbonātiežu nogulumos D3dg#, D3slp#z un D3pl ir konstatēts senais segtais karsts, kas samazina dolomītu krājumus un apgrūtina to ieguvu [3]. Atradnei “Lejasnoras” krājumu aprēķina laukums (7 ha) ir ievērojami mazāks par licences laukumu (13.3 ha) daļēji senā segtā karsta dēļ [2, 4. pielikums]. Par karsta procesiem informē [10, 2. sējums 231. lpp.]. Aktīvs kailkarsts zemes virspusē dolomītu iežos nav konstatēts. Maz ticams, ka atradņu izmantošanas ietekmē karsta process var aktivizēties, jo to norise ir ļoti lēna [27, 180. lpp.] un arī tāpēc, ka mūsdienās pazemes ūdens cirkulācijas intensitāte ir zema, salīdzinot ar senā karsta veidošanās apstākļiem.

Visās dolomīta ieguves atradnēs pazemes ūdens līmeņi ir jāpazemina līdz atradnes pamatnes augstuma atzīmei.

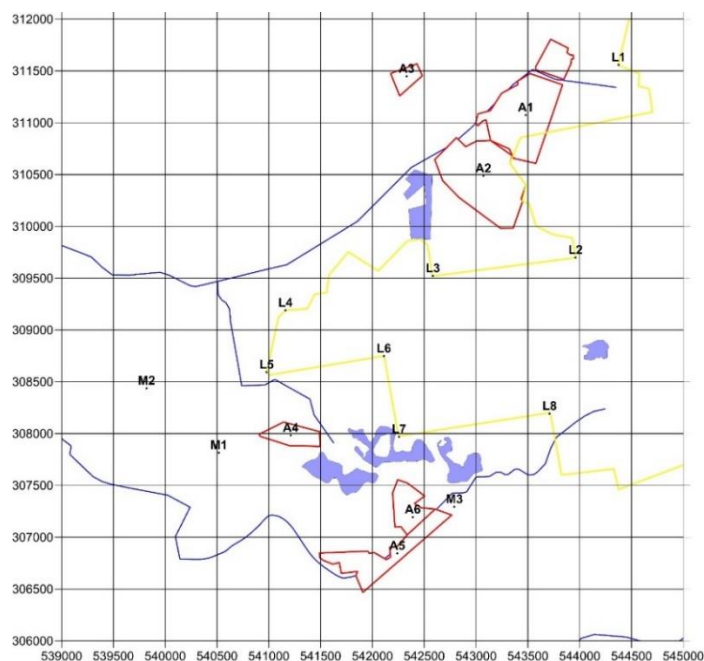
4. Hidroloģisko apstākļu novērtējums

Izpētes apgabals atrodas Madlienas nolaidenumā Daugavas upju baseina ūdensobjektā D4 (skat. 1.3a. att.). Apgabalā kā HM hidrogrāfiskā tīkla elementi iekļautas četras upes (Lielā Jugla,

Mazā Jugla, Pietēnupe un Lēģerurga) un Vāverkroga novadgrāvis, kas tiek izmantots no dolomīta karjeriem izsūkņētā ūdens ievadīšanai Pietēnupē. Modelī kā hidrogrāfiskā tīkla daļas iekļauti Kangaru ezers un atradņu “Remīne” un Tūrkalne” appludinātie karjeri kā mākslīgās ūdenstilpnes, kas šobrīd ietekmē atradņu depresijas piltuves. Izpētes apgabala bāzes karte ar HM hidrogrāfisko tīklu skatāma 1.9. att. Virtuālo novērošanas punktu izvietojums pazemes ūdens līmeņu izmaiņu noteikšanai dots 1.10. att.



1.9. att. Izpētes apgabala bāzes karte ar HM hidrogrāfisko tīklu, derīgo izrakteņu atradņu izvietojumu un dabas lieguma “Lielie Kangari” robežu



1.10. att. Virtuālo novērošanas punktu izvietojums pazemes ūdens līmeņa izmaiņu noteikšanai. Atradņu centri A1–A6; dabas lieguma “Lielie Kangari” robeža: L1-L8; viensētas : M1, M2, M3;

Pārskati par ūdenstecēm un ūdenstilpnēm, kas iekļauti HM, skatāmi 2. un 3. tabulās.

2. tabula

Pārskats par ūdenstecēm, kas iekļautas HM

N.p.k.	Ūdensteces nosaukums un HMkods		Ieteka	Garums [km]	Baseina platība [km ²]	Caurplūdums [m ³ /sek]
1.	Lēģerurga	U1	L.k. Mazajā Juglā	18 (12)	35.4 (23.0)	0.23 (0.15)
2.	Pietenupe	U2	K.k. Lielajā Juglā	14 (10)	35.9 (25.6)	0.36 (0.26)
3.	Vāverkroga novadgrāvis	U3	K.k. Pietenupē	2.2 (2.2)	4.2 (4.2)	0.03 (0.03)
4.	Lielā Jugla	U4	Juglas ezerā	115 (15)	951 (124)	8.5 (3.47)
5.	Mazā Jugla	U5	K.k. Lielajā Juglā	119 (20)	675 (113)	8.2 (3.35)

Lielās Juglas upes garums 62km (kopā ar Mergupi 115km);

() – dati tikai izpētes apgabalā

3. tabula

Pārskats par ūdenstilpnēm, kas iekļautas HM

N.p.k.	Ūdenstilpnes nosaukums	Ūdens līmenis [m vjl]
1.	Kangaru ezers	54.2
2.	Remīnes karjers	49.5
3.	Tūrkalnes karjera ziemeļu daļa	48.5
4.	Tūrkalnes karjera dienvidu daļa	47.5
5.	Tūrkalnes karjera austrumu daļa	49.5

Ūdensteču identifikācijai HM, tām piešķirti kodi U1, ..., U5. Dati, kas 2. tabulā iekļauti iekavās, raksturo ūdensteces izpētes apgabalā. Trīs mazajām ūdenstecēm (Lēģerurga, Pietenupe, Vāverkroga novadgrāvis) iztekas atrodas izpētes apgabalā. To caurplūdums aprēķināts, izmantojot sakarību $q_U = 4.1q_p$, (q_p ir HM aprēķinātā pazemes notece izpētes apgabalā, q_U ir plūsma ūdenstecē). Lielās un Mazās Juglas upēm caurplūdums aprēķināts, izmantojot datus par to gada notecēm (0.26km^3 un 0.25km^3) [10, 127. lpp. un 203. lpp.]. Dotās gada noteces iegūtas, ņemot vērā abu meteoroloģisko staciju “Zaķi” un “Stariņi” ilggadīgo novērojumu datus.

Dati par upju garumu un baseina platību iegūti no enciklopēdijām [10]. Informācija par Lēģerurgas un Pietenupes regulētajiem posmiem ir publicēta valsts nozīmes ūdensnoteku datu kopsavilkumā [14].

Ūdensteču ūdens līmeņu profili ir skatāmi pielikuma 2a. attēlos (2.1a. att. – 2.5a. att.). Profili izveidoti, iekļaujot tos digitālā reljefa *rel* kartē, izmantojot programmatūru [25]. Profili un digitālais reljefs ir izmantoti kā HM robežnoteikumi (skat. 9. iedaļu).

Pārskats par ūdensteču gultnes kritumu sniegts 4. tabulā.

4. tabula

Pārskats par ūdensteču gultnes kritumu

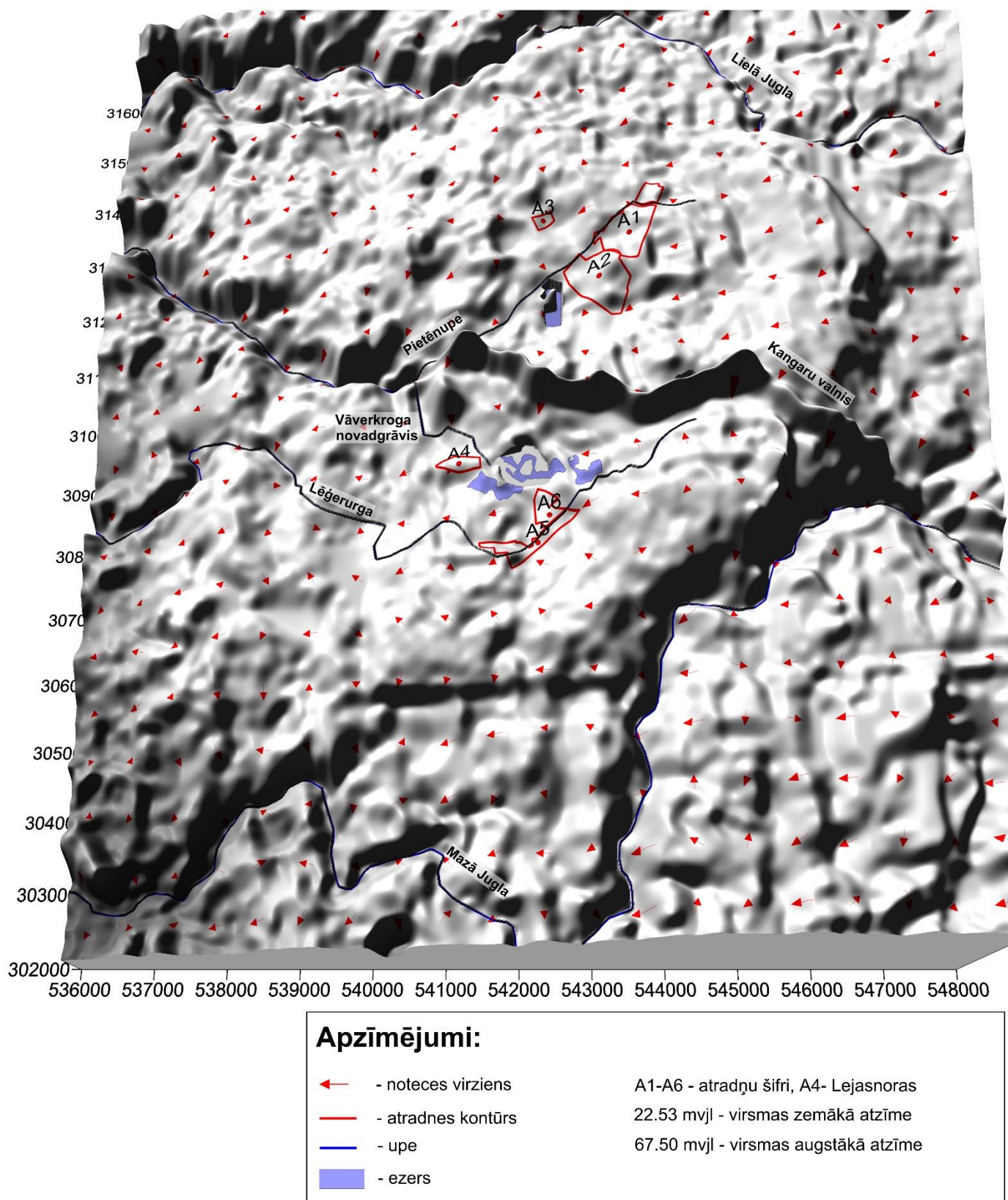
N. p.k.	Ūdenstece nosaukums un HM kods		Gultnes kritums [m/km]				Informācijas avoti par ūdensteci
			Kopīgais	Maksimālais apgabalā	Vidēji apgabalā	Minimālais apgabalā	
1.	Lēģerurga	U1	2.3	4.5	2.2	0.5	[10, 3. sēj.,102.lpp.], 2.1a. att.
2.	Pietenupe	U2	2.6	9.0	2.4	0.5	[10, 4. sēj.,126.lpp.], 2.2a. att.
3.	Vāverkroga novadgrāvis	U3	2.3	5.0	2.3	0.3	2.3a. att.
4.	Lielā Jugla	U4	1.2	3.8	1.9	0.3	[10, 3. sēj.,127.lpp.], 2.4a. att.
5.	Mazā Jugla	U5	1.8	10.0	1.4	0.3	[10, 3. sēj.,203.lpp.], 2.5a. att.

Dati par gultņu kritumu izpētes apgabalā apstiprina, ka visām ūdenstecēm gultnes slīpuma minimums ir (0.3–0.5) m/km, bet maksimālais kritums 9.0 m/km un 10.0 m/km ir atsevišķiem Pietēnupes un Mazās Juglas posmiem. Ūdensteču posmos ar mazu gultnes kritumu ir lielāka varbūtība, ka tajos pavasara palu un vasaras-rudens plūdu laikā var applūst posmiem piegulošās teritorijas. Maza applūšanas iespēja ir Lēģerurgas un Pietēnupes regulētajiem posmiem (9.6 km un 7.5 km), jo tajos gultnes vidējais kritums pārsniedz 2.2 m/km un ūdenstecēm šeit ir dziļas ielejas (īpaši Pietēnupē). Lēģerurgas un Pietēnupes augšteces (6 km un 4.5 km) ir vietējas nozīmes novadgrāvji, kas vasarā izzūst.

Vāverkroga novadgrāvim vidējais gultnes kritums 2.3 m/km un dziļums 1.8 m. Grāvja aktīvais šķērsriezums $\omega = 1.44 \text{ m}^2$, ja ūdens dziļums $h = 0.8 \text{ m}$, dibena platums $b = 0.6 \text{ m}$; $\omega = h(1.5h + b)$. Izmantojot būvnormatīvu [17] metodiku, novērtēsim tikai daļēji piepildīta grāvja ($1.8 > 0.8$) gultnes caurvades spēju m^3/sek . Ja gultnes raupjuma koeficients ir 0.04, tad vidējo grāvja plūsmas ātrumu v dod formula $V = 0.79R^{0.666} \times i^{0.5}$ (R –hidrauliskais rādiuss [m], i –gultnes kritums). Ja $\omega > 1.3$, tad $R \sim 0.34 \omega^{0.5} = 0.34 \times 1.44^{0.5} = 0.41 \text{ m}$ un $V = 0.79 \times 0.41^{0.666} \times 2.3^{0.5} = 0.66 \text{ m/sek}$. Gultnes caurvades spēja $\omega \times V = 1.44 \times 0.66 = 0.95 \text{ m}^3/\text{sek} = 82.1 \text{ tūkst.m}^3/\text{dnn}$.

Ja atradnes “Lejasnoras”, “Kalnagrāvīši” un “Ārēni” darbojas vienlaicīgi, tad Vāverkroga novadgrāvim jānovada Pietēnupē $\sim 17.6 \text{ tūkst.m}^3/\text{dnn}$ (skat. 8. nodaļu), t.i., novadgrāvja caurvades spēja, ja ūdens slāņa biezums 0.8m, ir ~ 4.5 reizes lielāka par maksimālo prognozēto pazemes ūdens pieteci karjeros. Ja novadgrāvī ieplūst $17.6 \text{ tūkst.m}^3/\text{dnn}$, tad $h = 0.45 \text{ m}$, $V = 0.44 \text{ m/sek}$.

Reljefa virsmas un virszemes noteces virzienu izometriskais attēlojums skatāms 1.11. att., kas uzskatāmi parāda izpētes apgabala reljefa īpatnības. Notece virzīta no reljefa augstākajām vietām uz ieplakām un hidrogrāfiskā tīkla (upes, grāvji, ezeri) elementiem. Dziļas ielejas ir Mazajai Juglai, Lielajai Juglai apgabala R–malā un Pietēnupes regulētajai daļai. Redzams lielo Kangaru valnis, pa kura muguru iet autoceļš P4 Rīga –Ērgļi.



1.11. att. Reljefa virsmas un virszemes noteces virzienu izometriskais attēlojums

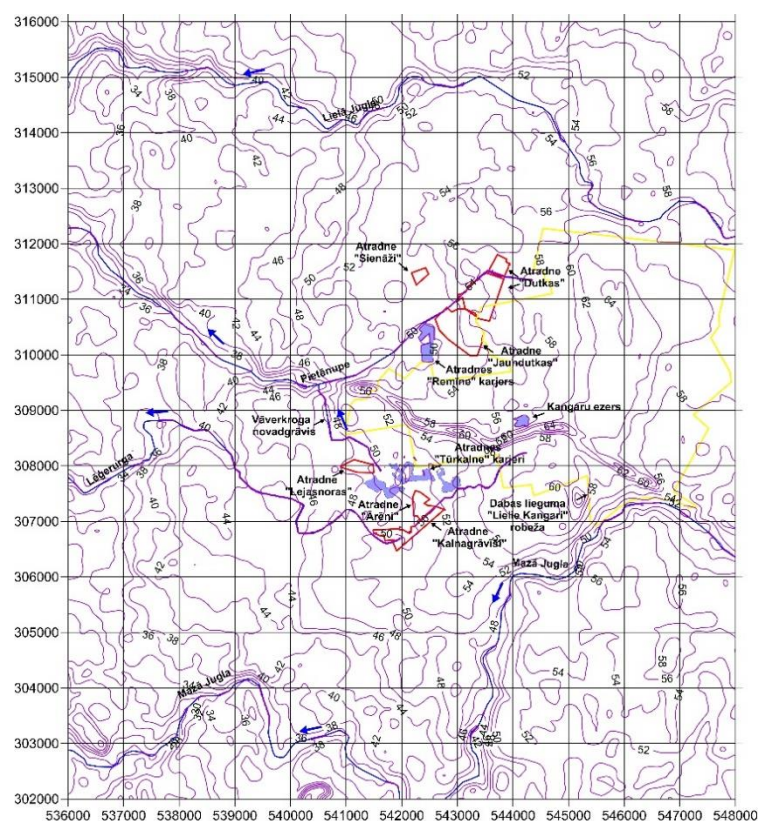
5. Hidroģeoloģisko apstākļu novērtējums

Informācija par netraucētajiem hidroģeoloģiskajiem apstākļiem iegūta, izmantojot lokālo HM.

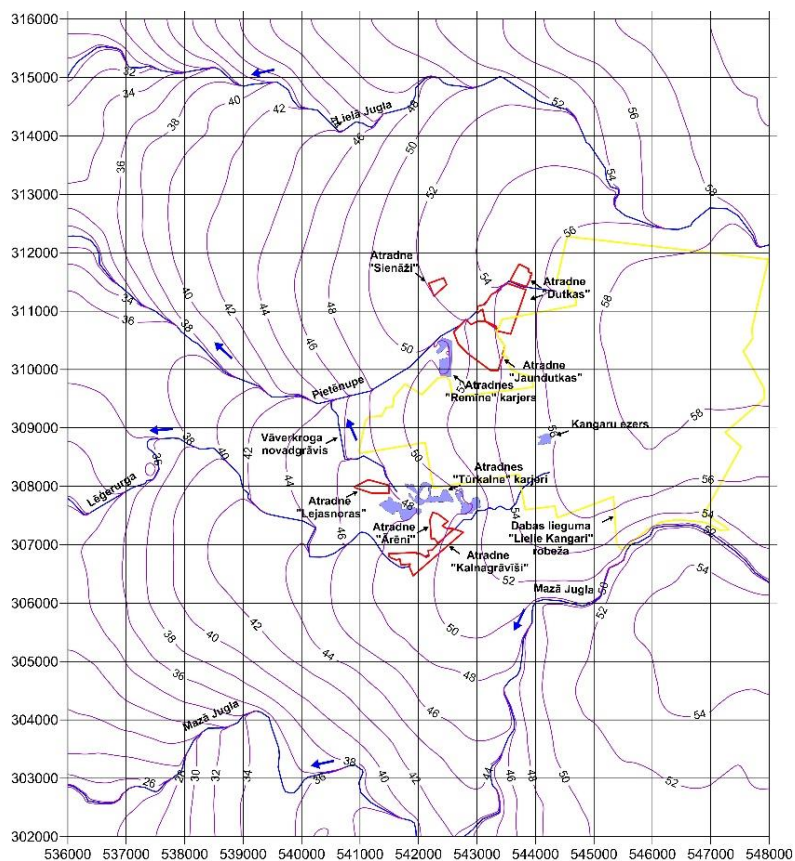
Izpētes apgabalā HM aprēķināto netraucēto gruntsūdens līmeņa φ_{Q2} sadalījumu horizontā Q2 (skat. 2.2. att.) un $\varphi_{D3dg\#}$ horizontā D3dg# (skat. 2.3. att.) nosaka zemes virsmas reljefa ψ_{rel} (skat. 2.1. att.), ūdens līmeņu sadalījums ψ_{D3pl} horizontā D3pl (skat. 2.4. att.), horizontam Q2 piesaistītais hidrogrāfiskais tīkls un ģeoloģisko nogulumu biezumi m un filtrācijas koeficienti k .

Izmantots filtrēts (nogludināts) LĢIA sagatavots reljefs (datu režģa solis 20 metri). Katram hidrogrāfiskā tīkla elementam (upe, grāvis) bija jāsagatavo ūdens līmeņu profils kā robežnoteikums ψ_{upe} (2a. attēlu grupa pielikumā). Izmantojot programmatūru [25], ūdensteču profili iegulti reljefa kartē ψ_{rel} , kas ir ūdens līmeņu robežnoteikums HM.

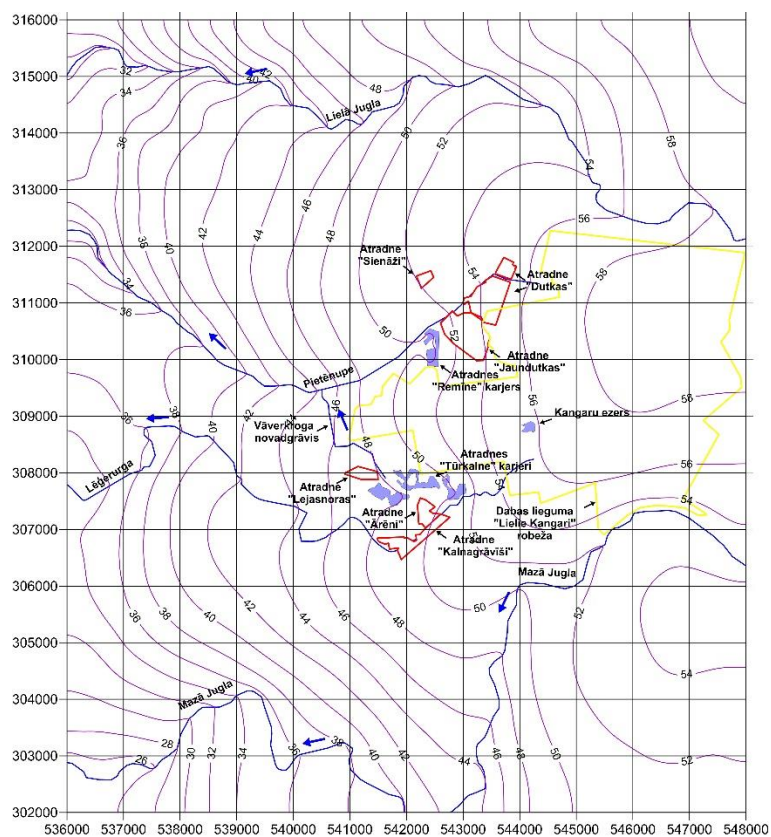
Gruntsūdens līmenis φ_{Q2} horizontā Q2 (2.2. att.) ir līdzīgs ļoti nogludinātam reljefam ψ_{rel} . Šī īpašība ir raksturīga gruntsūdenim Latvijas mitrā klimata apstākļos. Tāpēc pazemes noteces q_{xy} virzieni horizontā Q2 ir tuvi 1.11. att. virsmas noteces virzieniem. Tomēr pazemes noteces ātrums (m/gadā) ir daudzkārt mazāks nekā virszemes notecei (m/dnn).



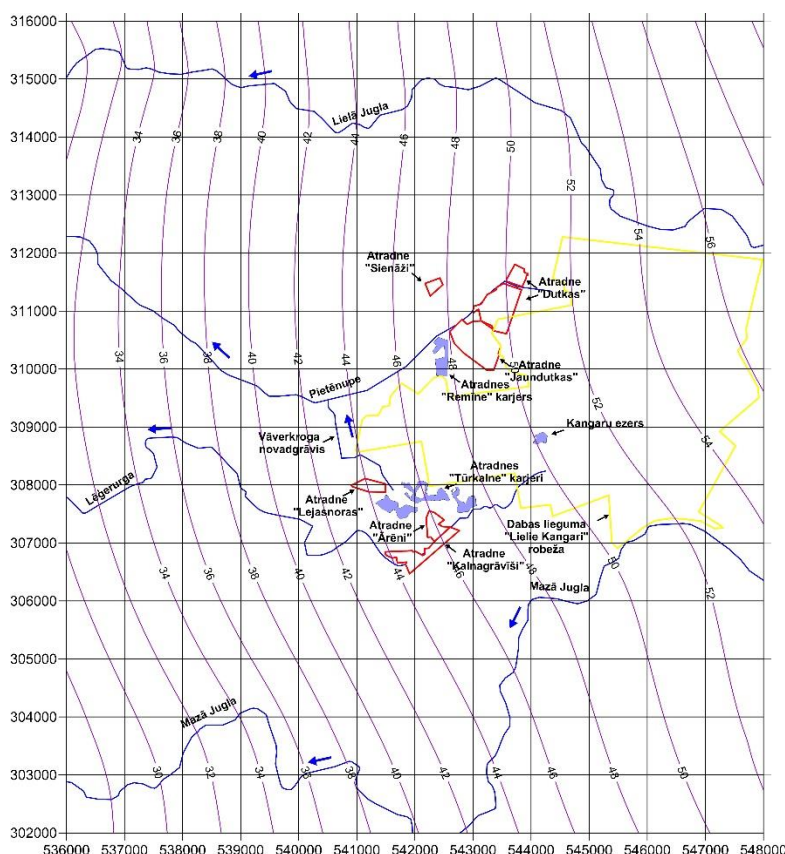
2.1. att. Izpētes apgabala reljefa augstuma [m vjl] izolīniju karte



2.2. att. Kvartāra horizonta Q2 gruntsūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte



2.3. att. Horizonta D3dg# pazemes ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte



2.4. att. Horizonta D3pl pazemes ūdens līmeņa [m vjl] izolīnu karte

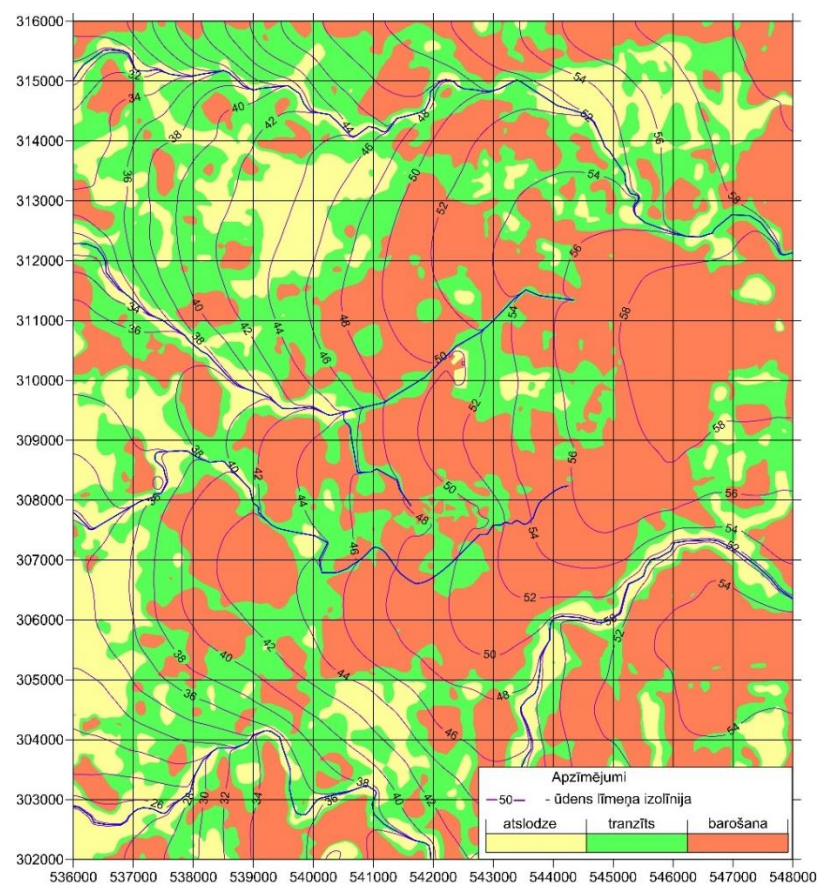
Arī horizontu Q2 un D3dg# pazemes ūdens līmeņi φ_{Q2} un $\varphi_{D3dg\#}$ (2.2. att. un 2.3. att.) ir līdzīgi, jo horizontus atdala plāns sprostsplānis gQ2z. Sprostsplāņa D3slp#z ietekmes dēļ horizonta D3pl pazemes ūdens līmeņa sadalījumu (2.4. att.) maz iespaido zemes virsmas reljefs un hidrogrāfiskais tīkls. Horizonta D3pl ūdens līmeņa sadalījuma karte izmantota kā HM robežnoteikums ψ_{D3pl} .

Dziļāko horizontu D3am, D3gj2, d2gj1, d3brt un D3ar pazemes ūdens līmeņa kartes publicētas pārskatā [20], kā arī to papildinātas versijas skatāmas [19]. No 2.2. att. un 2.3. att. kartēm var secināt, ka pazemes ūdens netraucēto stāvokli derīgo izrakteņu atradņu rajonā būtiski nosaka Pietenupe, Lēģerurga un mākslīgās ūdenstilpnes: atradņu "Remīnes" un "Tūrkalnes" appludinātie karjeri. Šo faktu 2019. gadā apstiprina satelītu informācija Google Earth [13]. Kangaru ezers un minētie karjeri (3. tabula) ir HM robežnoteikumi ψ_{ezeri} .

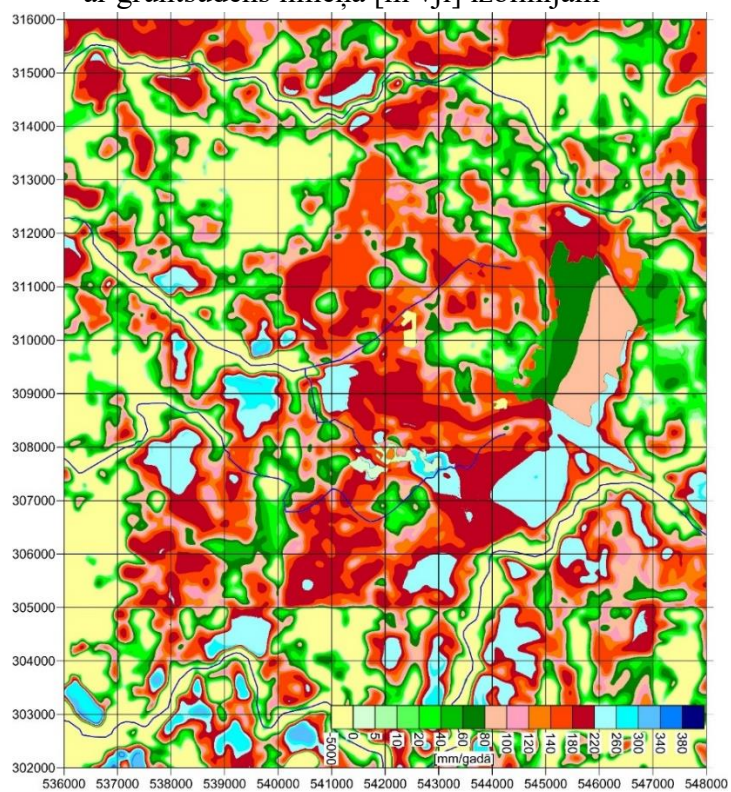
Informāciju par horizonta Q2 barošanas, tranzīta un atslodzes apgabaliem dod 2.5. att. karte, kas iegūta, izmantojot inovatīvu metodi [21]. Tranzīta apgabali ir pārejas zonas no barošanas uz atslodzes apgabaliem. No 2.5. att. kartes var secināt, ka barošanas (pozitīva) infiltrācija notiek reljefa augstākajās vietās.

Aprēķinātais infiltrācijas sadalījums aerācijas zonā aer skatāms 2.6. att. Dzeltenās krāsas apgabalos notiek pazemes ūdens atslodze. Infiltrācijas sadalījums sprostsplānī gQ2z skatāms 2.7. att. Salīdzinot 2.6. att. un 2.7. att. kartes, var secināt, ka pozitīvā infiltrācija slānī gQ2z ir samazinājusies un zem ūdenstecēm un ezeriem notiek pazemes ūdens atslodze.

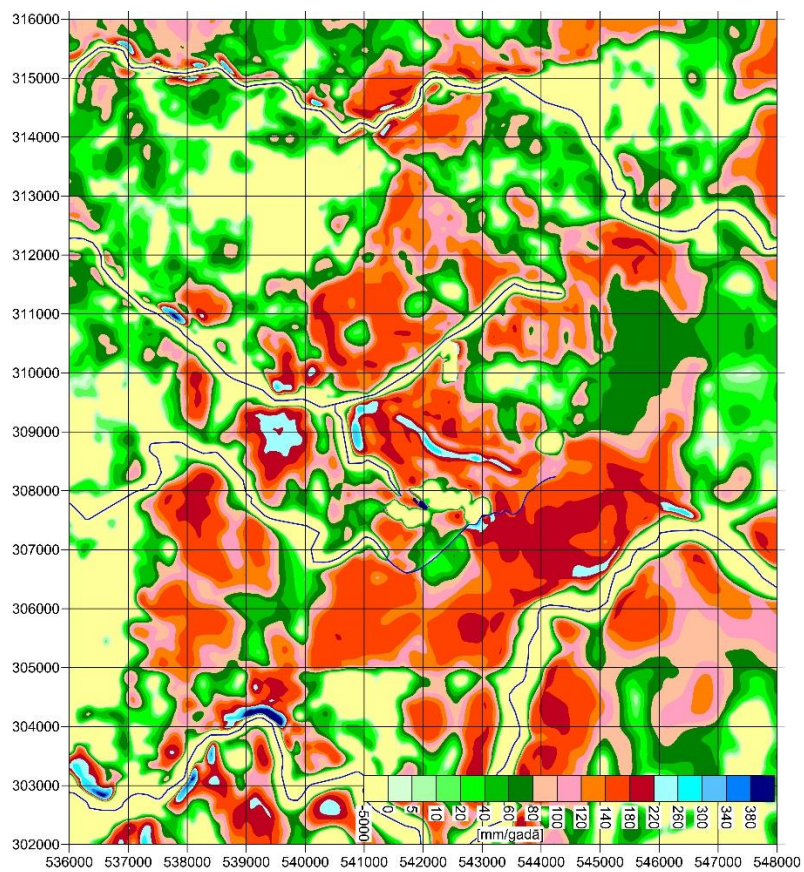
Lielā Kangaru purva ietekmes dēļ, tā laukumā infiltrācijas intensitāte ir mazāka, nekā citos reljefa pacēlumos.



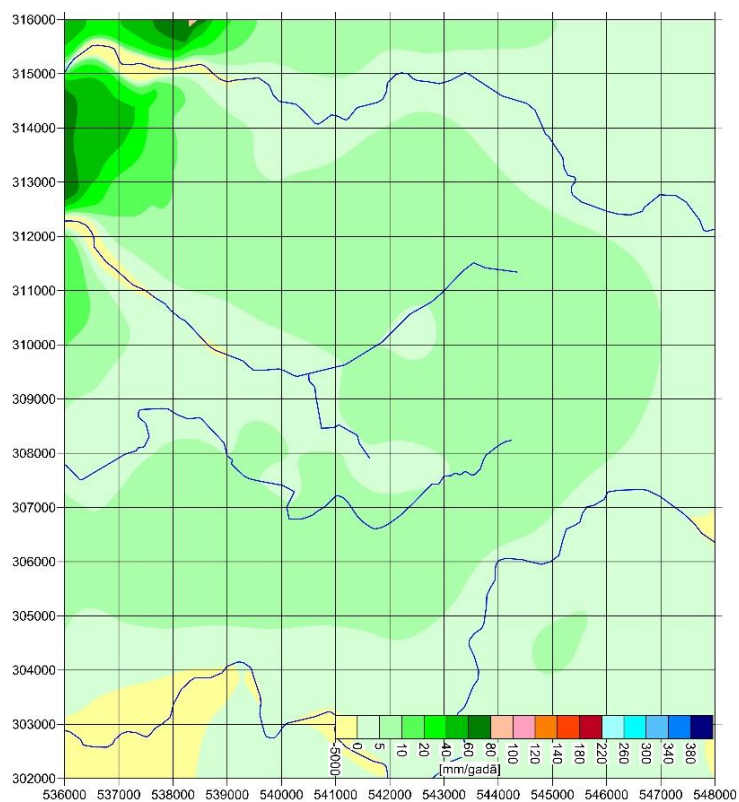
2.5. att. Pazemes ūdens barošanās, tranzīta un atslodzes apgabali horizontā Q2 ar gruntsūdens līmeņa [m vjl] izolīnijām



2.6. att. Infiltrācijas sadalījums [mm/gadā] aerācijas zonā aer



2.7. att. Infiltrācijas sadalījums [mm/gadā] sprotslānī gQ2z



2.8. att. Infiltrācijas sadalījums [mm/gadā] sprotslānī D3slp#z

Infiltrācija sprostslānī D3slp#z (2.8. att.) parāda pazemes ūdens pārteci uz horizontu D3pl. Plūsmai atslodze notiek tikai Lielajai Juglai, Pietēnupei un Mazajai Juglai to dziļo ieleju posmos apgabala rietumu malā.

Netraucētā stāvokļa pazemes ūdens plūsmu balance izpētes apgabalā dota 5. tabulā.

5. tabula

Izpētes apgabala netraucētā stāvokļa pazemes ūdens plūsmu balance

Mērvienība	Nokrišņu* infiltrācija	Atslodze laukumā	Upes	Ezeri	Uz D3pl horizontu	Caur robežu
tūkst.m ³ /dnn	38.18	-4.56	-28.60	-3.34	-2.05	0.37
mm/gadā	97.45	-11.64	-73.00	-8.52	-5.23	0.94
%	100.00	-11.94	-74.91	-8.74	-5.37	0.96

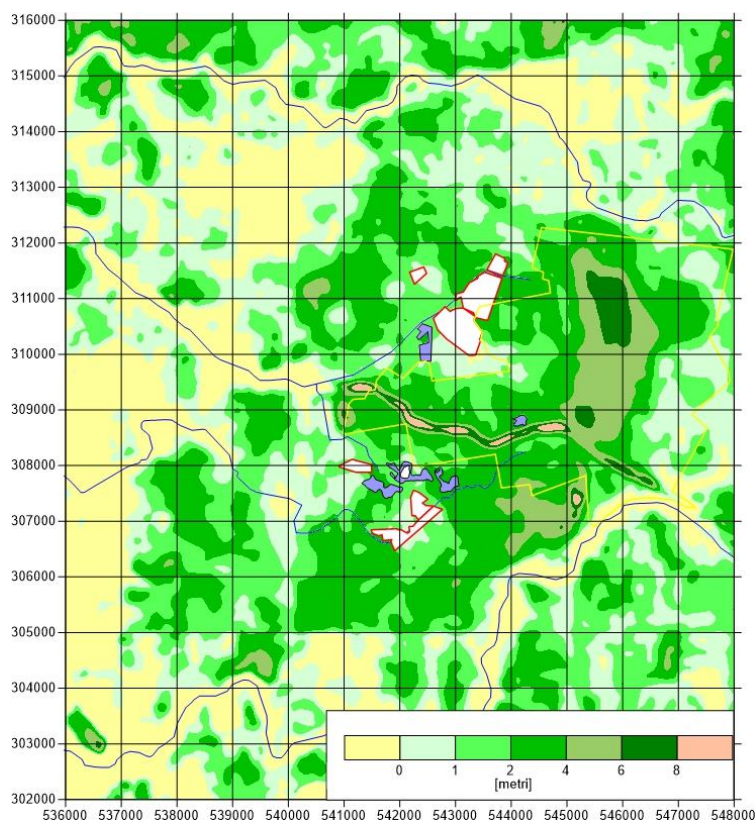
* – nokrišņu norma izpētes apgabalā ir 820 mm/gadā [12].

Izpētes apgabalā infiltrējas 11.9% no atmosfēras nokrišņiem. No infiltrācijas apjoma ~12% kā atslodze izplūst laukumos zemes virsū (dzeltenie rajoni 2.5. att. kartē). Upēs, ezeros un uz D3pl horizontu aizplūst, attiecīgi, 74.9%, 8.7% un 5.4% no infiltrēto nokrišņu apjoma. Tikai ~1% no balances nonāk apgabalā caur tā robežu.

Aprēķinātā upju pazemes notece 28600 m³/dnn=73 mm/gadā apstiprina, ka HM netraucētais stāvoklis praktiski atbilst prognozētajai notecei 74 mm/gadā (2. iedaļa un [15]).

Aerācijas zonas biezums m_{aer} (gruntsūdens līmeņa iegulas dziļums) skatāms 2.9. att. Biezuma m_{aer} aprēķinam izmantota formula: $m_{aer} = \psi_{rel} - \varphi_{Q2}$.

Atslodzes vietās $m_{aer} < 0$ (dzeltenie laukumi 2.9. att. kartē). Aerācijas zonas biezums ir lielāks pozitīvās infiltrācijas maksimumu vietās, kas atbilst pacēlumiem zemes virsmas reljefā. Zem Lielo Kangaru vaļņa $m_{aer} > 8$ metri.



2.9. att. Aerācijas zonas biezuma [m] karte

Dažas no aprēķinātajām netraucētajām pazemes plūsmām - caurplūdumi ūdenstecēm, nokrišņu infiltrācija q_{aer} (caur aerācijas zonu (38.18 tūkst. m³/dnn) un plūsma $q_{D3slp\#z}$ (2.05 tūkst. m³/dnn) sprostslnā - tiek izmantotas derīgo izrakteņu ieguves procesa ietekmes novērtēšanai. Pārskats par šādām plūsmām dots 6. tabulā.

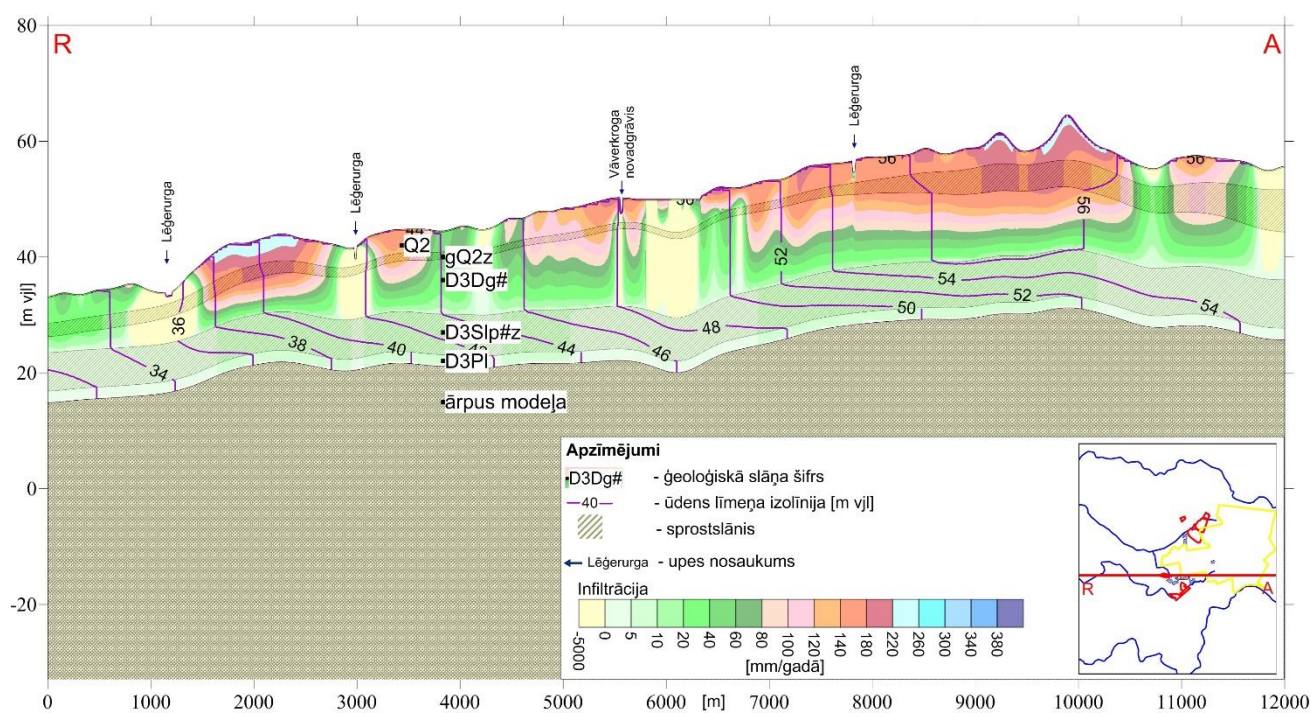
6. tabula

Ūdensobjektu netraucēto plūsmu vērtības, kas izmantotas derīgo izrakteņu ieguves procesa ietekmes novērtēšanai

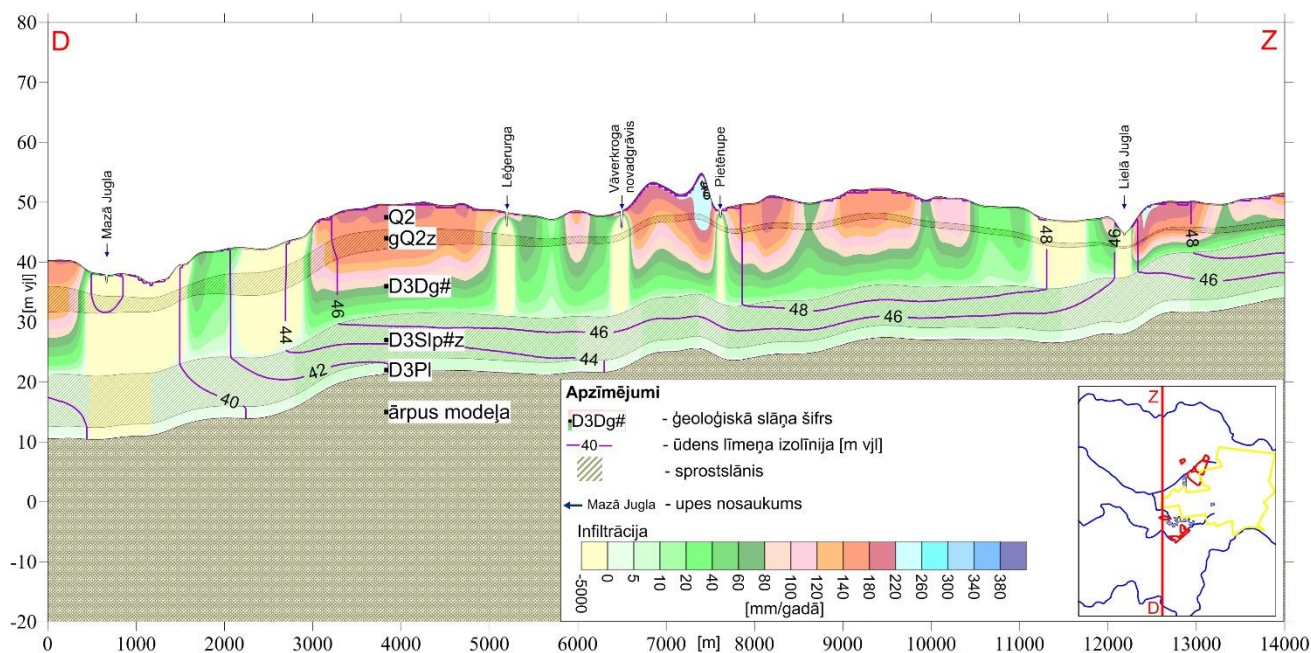
N.p.k.	Ūdensobjekta nosaukums un HM kods		Plūsmas netraucētā vērtība [tūkst. m ³ /dnn]
1	Lēģerurga	U1	12.79
2	Pietenupe	U2	22.03
3	Lielās Juglas upe	U4	300.00
4	Mazās Juglas upe	U5	290.00
5	Plūsma sprostslnā D3slp#z	Q _{D3slp}	2.05
6	Infiltrācijas plūsma aerācijas zonā	Q _{aer}	38.18

Objektiem U1 un U2 caurplūdums q_u aprēķināts, izmantojot sakarību $q_u = 4.1q_p$ (q_p – pazemes plūsma). Objektam U4 un U5 izmantoti šo upju aptuvenie caurplūdumi izpētes apgabalā (~50% no pilnā caurplūduma).

Griezumos R-A un D-Z (2.10. att. un 2.11. att.) parādīta izpētes apgabala ģeoloģiskā stratigrāfija, netraucētā pazemes ūdens līmeņa izolīnijas un infiltrācijas sadalījums. Abos griezumos ļoti uzskatāmi redzama zemes virsmas un ūdensteču ietekme uz infiltrāciju sadalījumu.



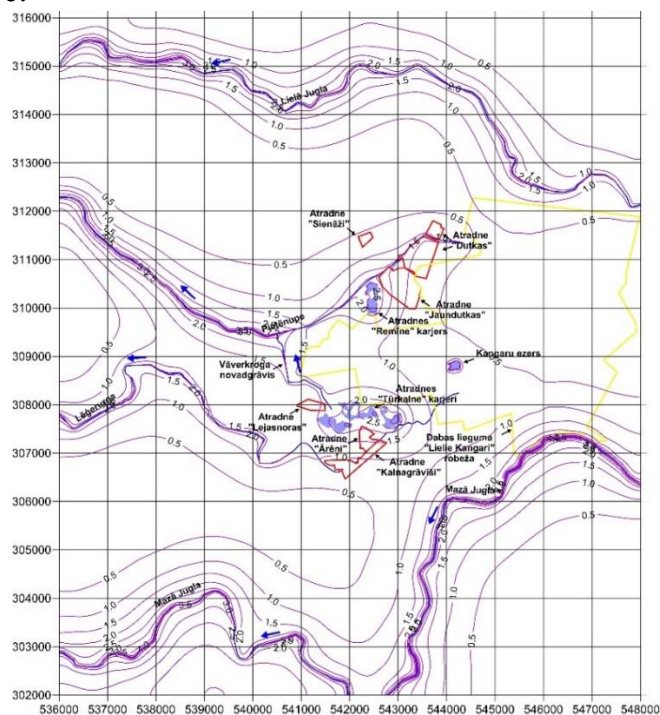
2.10. att. Griezums R-A ar pazemes ūdens līmeņa [m vjl] izolīnijām un infiltrāciju [mm/gadā]



2.11. att. Griezums D-Z ar pazemes ūdens līmeņa [m vjl] izolīnijām un infiltrāciju [mm/gadā]

Reljefa pacēlumos notiek pazemes ūdens barošana, bet ieplakās atslodze. Visās ūdenstecēs notiek atslodze. Ūdens līmeņu izolīnijas horizontos Q2 un D3dg# liecina par to, ka ūdens līmeņi horizontos atšķiras maz. Tikai dabas liegumā “Lielie Kangari” ūdens līmeņi horizontā Q2 ir jūtami augstāki nekā horizontā D3dg# (skat. 2.10. att. A malu), jo šeit atrodas infiltrācijas plūsmas maksimums un relatīvi biezs sprostslānis gQ2z.

Griezumos horizontos Q2, D3dg# un D3pl ūdens līmeņa φ izolīnijas ir vertikālas, jo z-virzienā φ gradients ~ 0 . Infiltrācijas intensitāte z-virzienā sprostslāņos gQ2z un D3slp#z nemainās, jo sprostslāņos plūsma $q_{xy} \sim 0$.



2.12. att. Gruntsūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīnijas horizontā Q2, kuru rada hidrogrāfiskā tīkla ietekme

Hidrogrāfiskais tīkls izpētes apgabalā veic tā dabisko drenēšanu. Par tīkla ietekmi informē 2.12. att. - karte par gruntsūdens līmeņa pazeminājumu, kas raksturo dabīgo drenēšanu apgabalā. Pietenupe, Lēģerurga un Vāverkroga novadgrāvis jūkami pazemina (1.0 m – 1.5 m) gruntsūdens līmeni atradņu rajonā. Vēl lielāka ietekme ir appludinātajiem atradņu “Remīnes” un “Turkalnes” karjeriem (2.0 m – 2.5 m).

Upju ielejās un to apkārtnē gruntsūdens līmeņu pazeminājums ir proporcionāls ieleju dziļumam.

Gruntsūdens līmeņa pazeminājumu Δ_0 (2.12. att.), kuru rada hidrogrāfiskā tīkla ietekme, aprēķina kā starpību: $\Delta_0 = \varphi_{Q2} - \varphi_0$, kur φ_{Q2} ir netraucētais gruntsūdens līmenis horizontā Q2; φ_0 ir HM aprēķināts virtuāls līmeņu sadalījums horizontā Q2, ja tajā nav hidrogrāfiskā tīkla.

Netraucētais hidroģeoloģiskais stāvoklis φ_n izpētes apgabalā horizontos Q2 un D3dg tiek izmantots kā etalons, ar kuru salīdzina vides faktisko stāvokli derīgo izrakteņu atradņu darbības dēļ.

Depresijas piltuvi S, kas raksturo derīgo izrakteņu atradnes izmantošanas ietekmi, iegūst kā starpību $S = \varphi_n - \varphi_a$, kur φ_a ir pazemes ūdens līmeņa sadalījums ūdens horizontā, ja darbojas atradne vai atradņu grupa.

6. Derīgo izrakteņu atradnes izpētes apgabalā un to hidroģeoloģiskā modelēšana

Izpētes apgabalā atrodas astoņas derīgo izrakteņu ieguves atradnes. Par A-kategorijas ieguvi atradnēs informē 7. tabula, kas sastādīta izmantojot LVĢMC datus [8].

7. tabula

A-kategorijas dolomīta ieguve [tūkst.m³] izpētes apgabala
derīgo izrakteņu atradnēs 2013.g.- 2018.g.

Karjera nosaukums	Izpētes gads	Ieguves sākums	2013	2014	2015	2016	2017	Krājumi 2018.g.
Turkalne	1985	1991	257.79	183.90	182.92			7496.39
Kalnagrāviši	2009	2016				129.45	184.25	1376.29
Ārēni	2009							2273.00
Lejasnoras	2011							384.5
Remīne	1968	1975	18.62					1470.30
Dutkas	2007	2012	8.30	21.67	34.54	60.38	82.38	2259.28
Jaundutkas	2009	2013	35.55	44.79	19.27	60.76	92.77	2940.36
Sienāži	2005	2016				35.89	25.36	130.36
		Kopā	320.26	250.36	236.73	286.48	384.76	18330.48

Atbilstoši Ropažu novada teritorijas plānojumam 2006-2018 gadam [7] visas atradnes atrodas teritorijās, kurās atļauta derīgo izrakteņu iegūšana.

Atradnēs “Ārēni” un “Lejasnoras” dolomīta ieguve vēl nav notikusi. Atradnēs “Remīne” un “Turkalne” dolomītu ieguve nenotiek, to karjeri ir applūduši un kļuvuši par ezeriem, jo atradnēs “Turkalne” un “Remīne” nenotiek mākslīga pazemes ūdens līmeņa pazemināšana derīgo izrakteņu atradņu rajonā.

Atradrnēs””Lejasnoras” un “Sienāži” dolomīta krājumi ir mazi (384.5 un 130.4 tūkst.m³), salīdzinot ar pārējām atradrnēm. Atradrnē “Kalnagrāvīši” jau 2017. gadā AS “Siguldas Būvmeistars” sasniedza Tūrkalnes ieguves apjomu 2015 gadā. Atradrņu dolomīta ieguves apjomi 2017. gadā raksturo reālo atradrņu darbu apjomu.

Par derīgo izrakteņu ieguves karjeru dolomīta slāņkopu raksturlielumiem informē 8. tabula, kas sastādīta analizējot pārskatu [2, 3, 4, 5, 6] datus. Atradrnēm piešķirti HM kodi a1, ...,a6.

8. tabula

Derīgo izrakteņu atradrņu dolomīta slāņkopu akceptētie raksturlielumi

N.p.k.	Atradrnes nosaukums un HM kods		Dolomīta slāņkopas biezums [metri]			Laukums [ha]		Pamatnes augstums [m vjl]
			minimālais	vidējais	maksimālais	atradrnei	īpašumam	
1.	Dutkas	a1	3.3	6.1	8.9	43.2	57.0	46.0
2.	Jaundutkas	a2	6.2	9.4	14.9	44.4	49.7	43.0
3.	Sienāži	a3	5.3	6.5	7.5	4.4	24.4	42.0
4.	Lejasnoras	a4	2.4	5.5	8.3	7.0	13.3	40.0
5.	Kalnagrāvīši	a5	3.7	8.6	15.1	10.7	14.7	40.0
6.	Ārēni	a6	4.6	11.6	20.1	19.6	27.3	40.0

Tabulas datu avoti: Dutkas – [5], Jaundutkas – [4], Sienāži –[6], Lejasnoras - [2], Kalnagrāvīši – [3], Ārēni – [3]

Hidroģeoloģiskajai modelēšanai visbūtiskākie raksturlielumi ir dolomīta karjera pamatnes augstums un atradrnes laukums.

Visu atradrņu hidroģeoloģiskajai modelēšanai izmantots filtrācijas koeficients $k = 15 \text{ m/dnn}$ (skat. 3. iedaļu).

Visas atradrnes modelētas, izmantojot visnelabvēlīgākos apstākļus:

- izrakteņu ieguve notiek visā atradrnes laukumā un karjera dziļumā;
- izrakteņu ieguvē nav pārtraukumu.

Īstenotie atradrņu modelēšanas scenāriji:

- katras atsevišķas atradrnes modelēšana;
- atradrņu grupu modelēšana.

Pārskatā iekļauti modelēšanas rezultāti:

- pazemes ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālajos novērošanas punktos;
- ūdensobjektu plūsmu samazinājums atradrņu darbības dēļ;
- pazemes ūdens līmeņu un to pazeminājumu kartes.

7. Derīgo izrakteņu atradrnes “Lejasnoras” hidroģeoloģiskās modelēšanas rezultāti

Dolomīta ieguves karjeros pazemes ūdens līmenis ir jāpazemina līdz karjera pamatnei. Šie līmeņi izpētes apgabala atradrnēm doti 8. tabulā. Izmantojot HM, visām atradrnēm, tām darbojoties atsevišķi,

aprēķināts vidējais pazemes ūdens līmeņu pazeminājums S atradņu laukuma centros, karjeru pietece q (9. tabula) un pazeminājums virtuālajos novērošanas punktos (10. tabula), kā arī ūdensobjektu plūsmu samazinājums (11. tabula).

9. tabula

Pazemes ūdens līmeņu pazeminājums [%] atsevišķu atradņu laukumu centros, kuru novietojums skatāms 1.10. att.

N.p.k.	Atradnes nosaukums un HM kods		Atradnes ietekme [%]						Atradnes dati		
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	z [m vjl]	S [m]	q [m ³ /dnn]
1.	Dutkas	a1	100	44.1	17.3	0.0	0.0	0.0	46.0	8.5	10522
2.	Jaundutkas	a2	41.7	100	15.6	0.2	0.1	0.1	43.0	10.0	11.981
3.	Sienāži	a3	5.7	4.7	100	0.0	0.0	0.0	42.0	10.3	4947
4.	Lejasnoras	a4	0.0	0.1	0.0	100	1.3	1.1	40.0	7.4	5748
5.	Kalngrāvīši	a5	0.0	0.1	0.0	2.4	100	83.8	40.0	9.7	9927
6.	Ārēni	a6	0.0	0.0	0.0	1.1	51.5	100	40.0	9.8	7459
										kopā	50584

z – atradnes pamatnes augstums [m vjl]; S – vidējais pazeminājums atradnes laukuma centrā;

q – pazemes ūdens pietece atradnes karjerā [m³/dnn].

10. tabula

Pazemes ūdens līmeņu pazeminājums [m] virtuālajos novērošanas punktos, ja darbojas atsevišķas atradnes. Punktu novietojums skatāms 1.10. att.

N.p.k.	Atradnes nosaukums un HM kods		Dabas lieguma Lielie Kangari robeža								Viensētas			S^* [m]
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	M1	M2	M3	
1.	Dutkas	a1	3.24	1.17	0.36	0.03	0.01	0.10	0.01	0.12	0.00	0.00	0.01	8.5
2.	Jaundutkas	a2	0.63	2.68	1.60	0.11	0.04	0.39	0.05	0.34	0.01	0.01	0.02	10.0
3.	Sienāži	a3	0.13	0.07	0.07	0.04	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	10.3
4.	Lejasnoras	a4	0.00	0.01	0.12	0.57	1.59	0.60	0.17	0.03	1.85	0.42	0.03	7.4
5.	Kalngrāvīši	a5	0.00	0.03	0.04	0.03	0.06	0.09	0.22	0.32	0.25	0.05	6.34	9.7
6.	Ārēni	a6	0.00	0.02	0.04	0.02	0.03	0.11	0.49	0.23	0.08	0.02	4.28	9.8
7.	Atradnes kopā		4.00	3.98	2.23	0.80	1.74	1.32	0.94	1.05	2.19	0.50	10.68	
8.	Visas atradnes vienlaicīgi		3.35	2.97	1.80	0.74	1.67	1.11	0.73	0.74	2.04	0.46	6.67	
9.	8. rinda/ 7. rindu		0.84	0.75	0.81	0.92	0.96	0.84	0.78	0.70	0.93	0.92	0.62	

M1 – Paltes; M2 – Kurtiņi; M3 – Krūmiņi; S^* – vidējais pazeminājums atradnē;

No 9. tabulas datiem izriet, ka atradnei “Lejasnoras” pazemes ūdens līmeņa pazeminājums ir 7.4 metri, karjera pietece 5748 m³/dnn, atradne neietekmē pārējās atradnes (tikai 1.3% un 1.1% ietekme uz atradnēm “Kalnagrāvīši” un “Ārēni”).

No 10. tabulas rezultātiem redzams, ka atradnes “Lejasnoras” darbības dēļ novērošanas punktos L5 (dabas lieguma robeža) un M1 (viensēta Paltes) pazeminājums ir 1.59 m un 1.80 m, t.i., pārsniedz sezonālo viena metra gruntsūdens līmeņa svārstību diapazonu izpētes apgabalā.

Infiltrācijas plūsmu (11. tabula) atradne “Lejasnoras” ietekmē salīdzinoši maz ($q_{aer} = 5.91\%$. Lēģerurgas caurplūdums tās neregulētajā daļā, kas vasarā izžūst [3], mainās maz (2.28%). Pietēnupes caurplūdumu atradne neietekmē (0.62%).

11. tabula

Ūdensobjektu plūsmu samazinājums [%] atsevišķu dolomīta atradņu darbības dēļ

N.p.k.	Atradnes nosaukums un HM kods		Ūdensobjektu plūsmas izmaiņas [%]					
			U1	U2	U4	U5	q_{D3slp}	q_{aer}^*
1.	Dutkas	a1	0.01	9.93	0.06	0.00	5.13	19.5
2.	Jaundutkas	a2	0.03	8.42	0.02	0.00	4.90	18.46
3.	Sienāži	a3	0.01	3.51	0.02	0.00	2.54	9.82
4.	Lejasnoras	a4	2.28	0.62	0.00	0.00	1.58	5.91
5.	Kalngrāviši	a5	3.48	0.05	0.00	0.09	4.08	15.91
6.	Ārēni	a6	0.99	0.04	0.00	0.04	2.12	8.16
7.	Atsevišķās atradnes kopā		6.80	22.56	0.18	0.13	20.35	78.21

*–infiltrācijas plūsma q_{aer} pieaug

Pazemes ūdens plūsmu bilance visā novērojumu laukumā, ja darbojas atradne “Lejasnoras”, skatāma 12. tabulā.

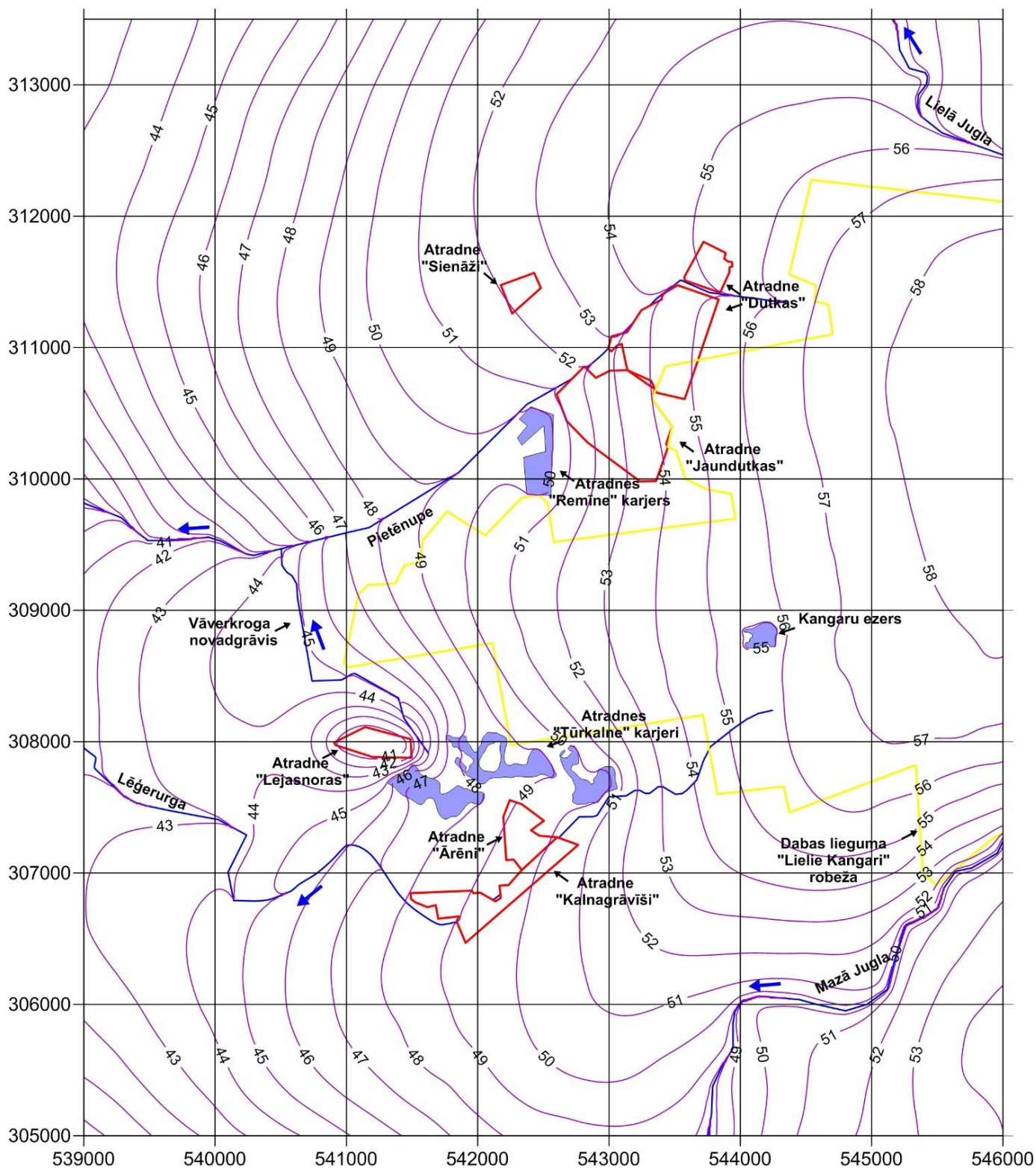
12. tabula

Pazemes ūdens plūsmu bilance, ja darbojas atradne “Lejasnoras”

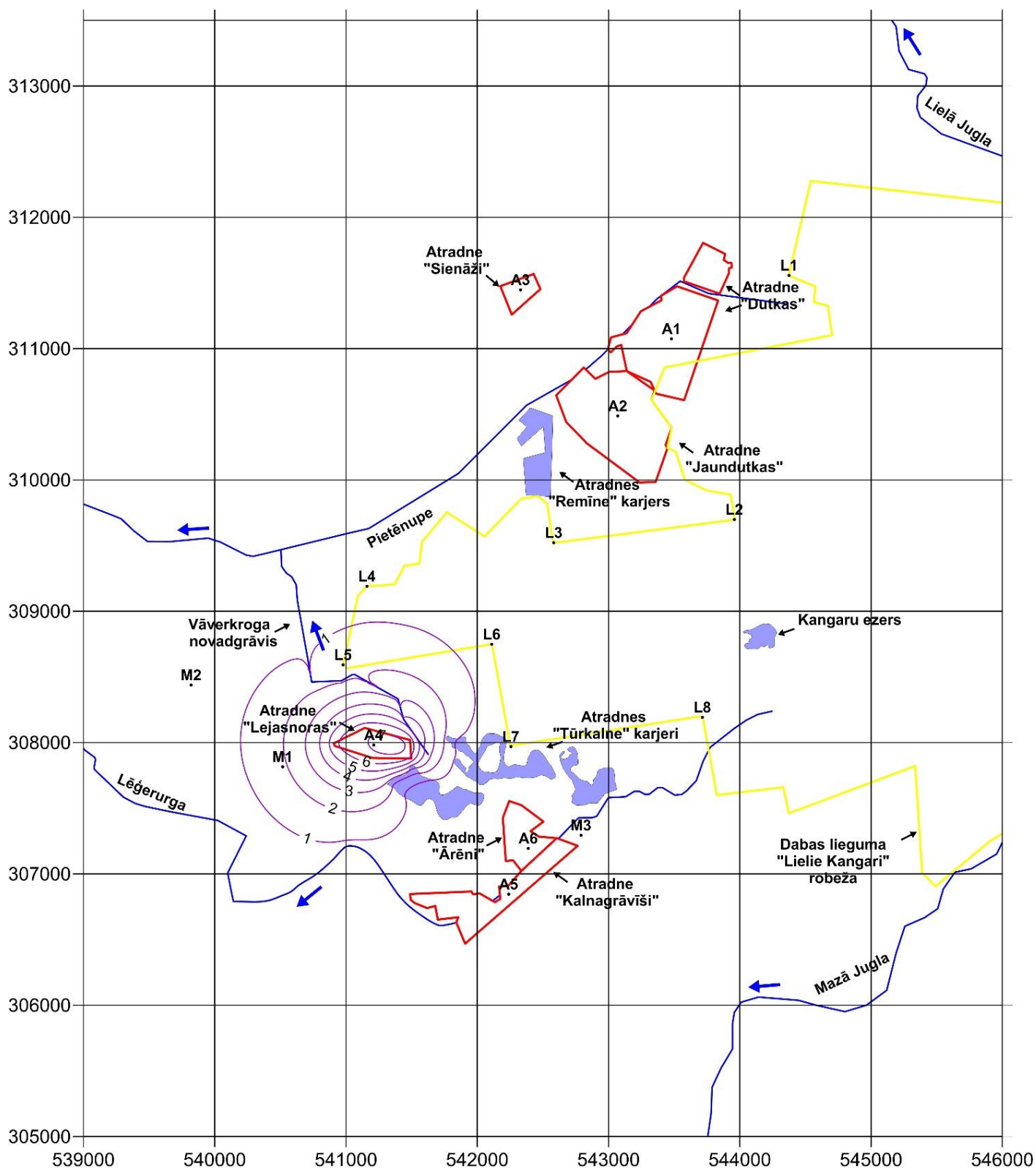
Mērvienība	Nokrišņu* infiltrācija	Atslodze laukumā	Upes	Ezeri	Uz D3pl horizontu	Caur robežu	Karjers
tūkst.m ³ /dnn	40.36	-4.51	-27.50	-0.94	-2.01	0.35	-5.75
%	100.00	-11.17	-68.14	-2.33	-4.98	0.86	-14.24
Plūsmu izmaiņas, salīdzinot ar netraucēto stāvokli							
tūkst.m ³ /dnn	-2.18	-0.04	-1.10	-2.40	-0.04	0.01	5.75
%	-37.1	-0.69	-19.13	-41.74	-0.69	0.17	100.00

Karjera atsūkņēšanas plūsma 5.75 tūkst.m³/dnn tiek nodrošināta, pieaugot infiltrācijai (2.18 tūkst.m³/dnn), kā arī samazinoties Lēģerurgas un atradnes “Tūrkalne” appludināto karjeru pazemes pieteces plūsmām (1.1 tūkst.m³/dnn un 2.4 tūkst.m³/dnn). Iespējams, ka atradnes “Lejasnoras” darbība var pazemināt ūdens līmeni minētajos karjeros. Tāpēc varētu daļu no atsūkņētā ūdens izmantot to līmeņa stabilizācijai.

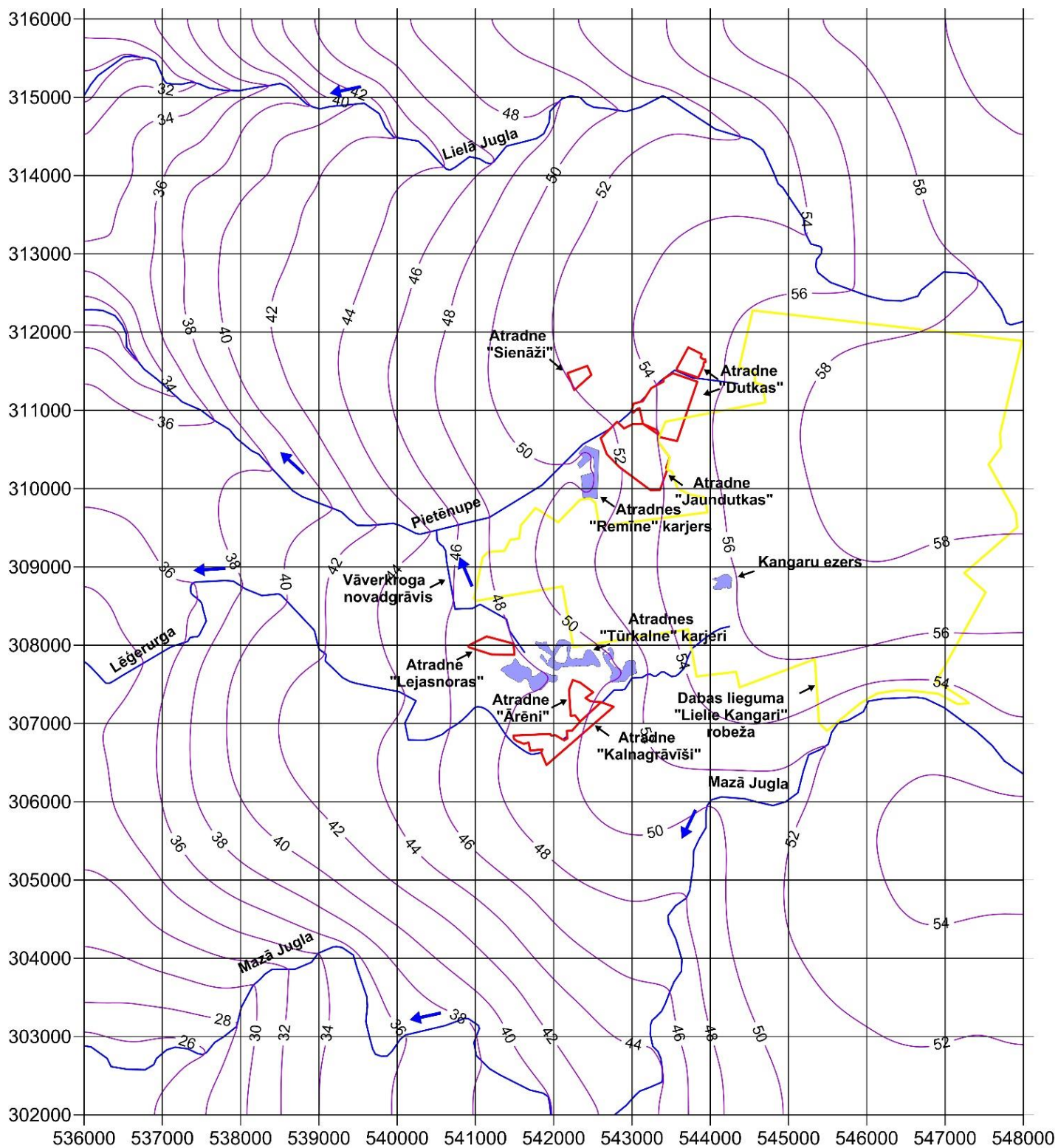
Atradnei “Lejasnoras” pārskatā iekļautas pazemes ūdens līmeņa izolīniju kartes horizontiem Q2 un D3dg# (3.1. att. un 3.3. att.), kā arī pazemes ūdens līmeņa pazeminājuma kartes šiem horizontiem (3.2. att. un 3.4. att.). Par depresijas piltuves robežu nosacīti kalpo 1.0 metra izolīnija, kas atbilst sezonālajai pazemes ūdens līmeņa izmaiņai.



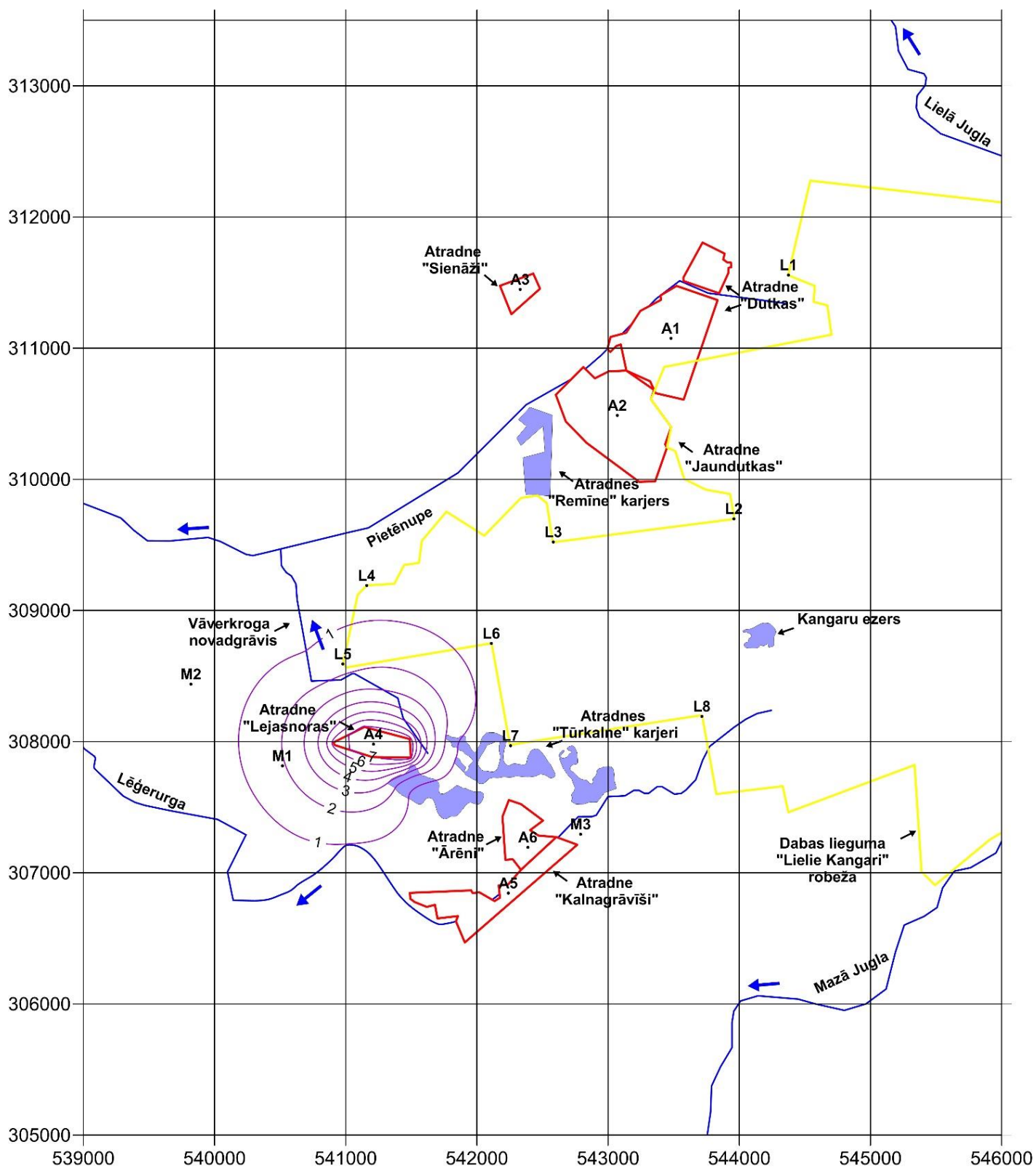
3.1. att. Kvartāra horizonta Q2 gruntsūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte, ja darbojas atradne "Lejasnoras".



3.2. att. Kwartāra horizonta Q2 gruntsūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīniju karte, ja darbojas atradne "Lejasnoras"

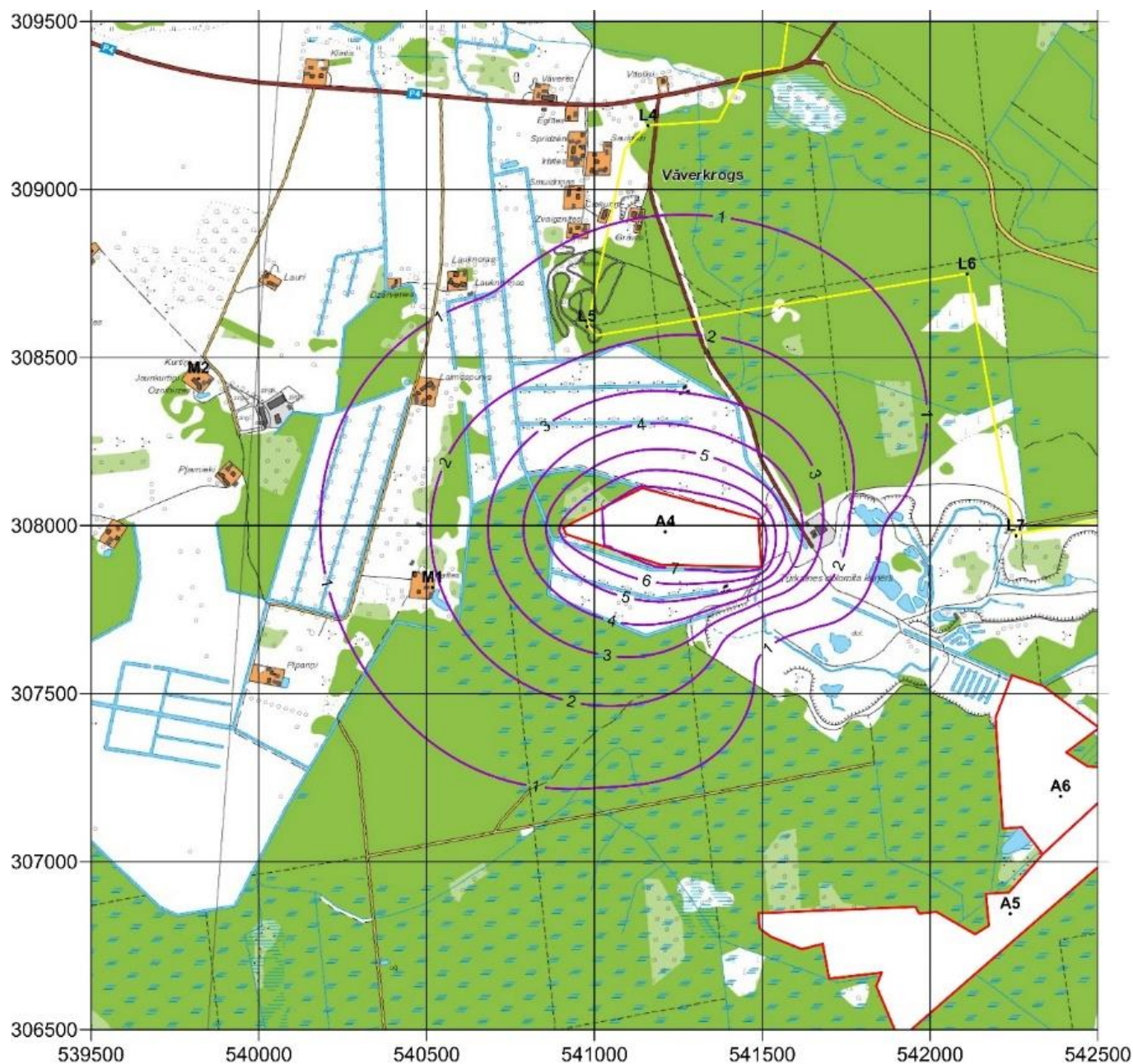


3.3.att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte, ja darbojas atradne "Lejasnoras"



3.4 .att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīniju karte, ja darbojas atradne "Lejasnoras"

Pazemes ūdens līmeņi un to pazeminājumi horizontos Q2 un D3dg# atšķiras maz. Horizontā Q2 jūtama Vāverkroga novadgrāvja ietekme. Būtiska ietekme abos horizontos ir atradnes “Tūrkalne” appludinātajiem karjeriem, kas ierobežo depresijas piltuves laukumu DA virzienā.



3.5. att. Atradnes “Lejasnoras” apkārtnes topogrāfiskā karte ar horizonta D3dg# ūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīnijām

Par depresijas piltuves ietekmi uz tuvākās apkārtnes viensētām informē 3.5. att. Depresijas piltuves rādiuss nepārsniedz 1.0 km. Piltuves laukumu DA virzienā ierobežo atradnes “Tūrkalne” appludināto karjeru ietekme. Tikai viensētai “Paltes” iespējama seklas (~3.0 m) grodu akas nosusināšana. Viensētai “Laimespurvs”, kas atrodas depresijas piltuves laukumā, ūdensapgādei izmanto urbumu [3].

Ja vienlaicīgi darbotos atradnes “Lejasnoras”, “Kalnagrāvīši” un “Ārēni”, tad papildus ūdens līmeņa pazeminājumi novērošanas punktos L5 (dabas liegumā) un M1 (Paltes) būtu nenozīmīgi. (1.59→1.67 un 1.85→2.04). Šāds novērtējums iegūts, salīdzinot 10. tabulas un 13. tabulas datus. Atradnes “Lejasnoras” karjera pietece samazinātos tikai par 0.19 tūkst.m³/dnn (5.75→5.56). Minētie salīdzinošie rezultāti apstiprina, ka atradni “Lejasnoras” praktiski neietekmē atradnes “Kalnagrāvīši” un “Ārēni”, kas izskaidrojams ne tikai ar relatīvi lielo attālumu starp atradnēm, bet arī ar appludināto atradnes “Tūrkalne” karjeru ietekmi.

Jāatzīmē, ka modelēšana atradnei “Lejasnoras” veikta visnelabvēlīgākajā režīmā. Atradnes reālā darbībā šāds režīms ir maz varbūtīgs, jo dolomīta ieguve parasti notiek pakāpeniski palielinot karjera dziļumu un laukumu vai arī secīgi izmantojot mazākus karjeros. Pārskats [2] informē, ka atradnē “Lejasnoras”, nolūkā samazināt depresijas piltuvi un pazemes ūdens pieteci, paredzēts dolomīta ieguvi veikt trīs mazākos karjeros.

8. Derīgo izrakteņu atradņu grupu hidroģeoloģiskās modelēšanas rezultāti

Izmantojot lokālo HM, iegūti rezultāti par derīgo izrakteņu atradņu darbību grupās:

- 1. grupā – vienlaicīgi darbojas atradnes “Dutkas”, “Jaundutkas” un “Sienāži”;
- 2. grupā – vienlaicīgi darbojas atradnes “Lejasnoras”, “Kalnagrāvīši” un “Ārēni”;
- 3. grupā – vienlaicīgi darbojas visas atradnes.

Aprēķināts pazemes ūdens līmeņa pazeminājums novērošanas punktos (13. tabula), pazemes ūdens pietece, ja darbojas atradņu grupas vai atsevišķas atradnes (14. tabula) un ūdensobjektu plūsmu samazinājums 15. tabula).

13. tabula

Pazemes ūdens līmeņu pazeminājums [m] virtuālajos novērošanas punktos atradņu grupām.
Punktu novietojums skatāms 1.10. att.

N.p.k.	Atradnes HM kods	Dabas lieguma Lielie Kangari robeža								Viensētas		
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	M1	M2	M3
1.	a1+a2+a3	3.34	2.93	1.64	0.15	0.05	0.41	0.05	0.37	0.01	0.03	0.03
2.	a4+a5+a6	0.00	0.05	0.17	0.59	1.62	0.71	0.68	0.38	2.04	0.45	6.66
3.	1. un 2. rindu summa	3.34	2.98	1.81	0.74	1.67	1.12	0.73	0.75	2.05	0.48	6.69
4.	Visas atradnes vienlaicīgi	3.35	2.97	1.80	0.74	1.67	1.11	0.73	0.74	2.04	0.46	6.67
5.	4. un 3. rindu starpība	0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02

M1 – Paltes; M2 – Kurtiņi; M3 – Krūmiņi;

Pirms atradņu grupu darbības rezultātu izklāsta lietderīgi analizēt 9. tabulas saturu, kas raksturo atsevišķu atradņu mijiedarbību:

- atradnes “Dutkas” un ”Jaundutkas” ir cieši saistītas (~40%);
- atradne “Sienāži” ir vāji saistīta (~5%) ar atradnēm “Dutkas” un ”Jaundutkas”;
- atradne “Lejasnoras” nav saistīta ne ar vienu atradni (~1%);
- atradnes “Kalnagrāviši” un ”Ārēni” ir cieši saistītas (~66%);

No 9. tabulas datiem var konstatēt, ka 1. un 2. atradņu grupas nav saistītas (0.1%).

Šo faktu apstiprina arī 13. tabulas dati, ja salīdzina pazeminājumus, kas aprēķināti 1. un 2. atradņu grupai ($a_1+a_2+a_3$) un ($a_4+a_5+a_6$) ar pazeminājumiem visu atradņu vienlaicīgās darbības variantam. Tabulas 3. rindas (1. un 2. grupa kopā) un 4. rindas (visas atradnes vienlaicīgi) starpība ir ± 0.02 metri. Šāds rezultāts iespējams tikai tad, ja atradņu 1. un 2. grupas darbojas kā nesaistīti un neatkarīgi objekti.

Ja vienlaicīgi darbojas visas atradnes, tad pazeminājums novērošanas punktos ir mazāks par atsevišķu atradņu pazeminājumu summu. Par to informē 10. tabulas dati, ja salīdzina tabulas 7. rindu (atsevišķās atradnes kopā) ar 8. rindu (visas atradnes darbojas vienlaicīgi). Šo rindu attiecība (9. rinda) mainās no 0.62-0.96. Šis parādības iemesls ir pazemes ūdeņu pieteces karjeros samazināšanās, ja darbojas atradņu grupas. Par šo faktu informē 14. tabula.

14. tabula

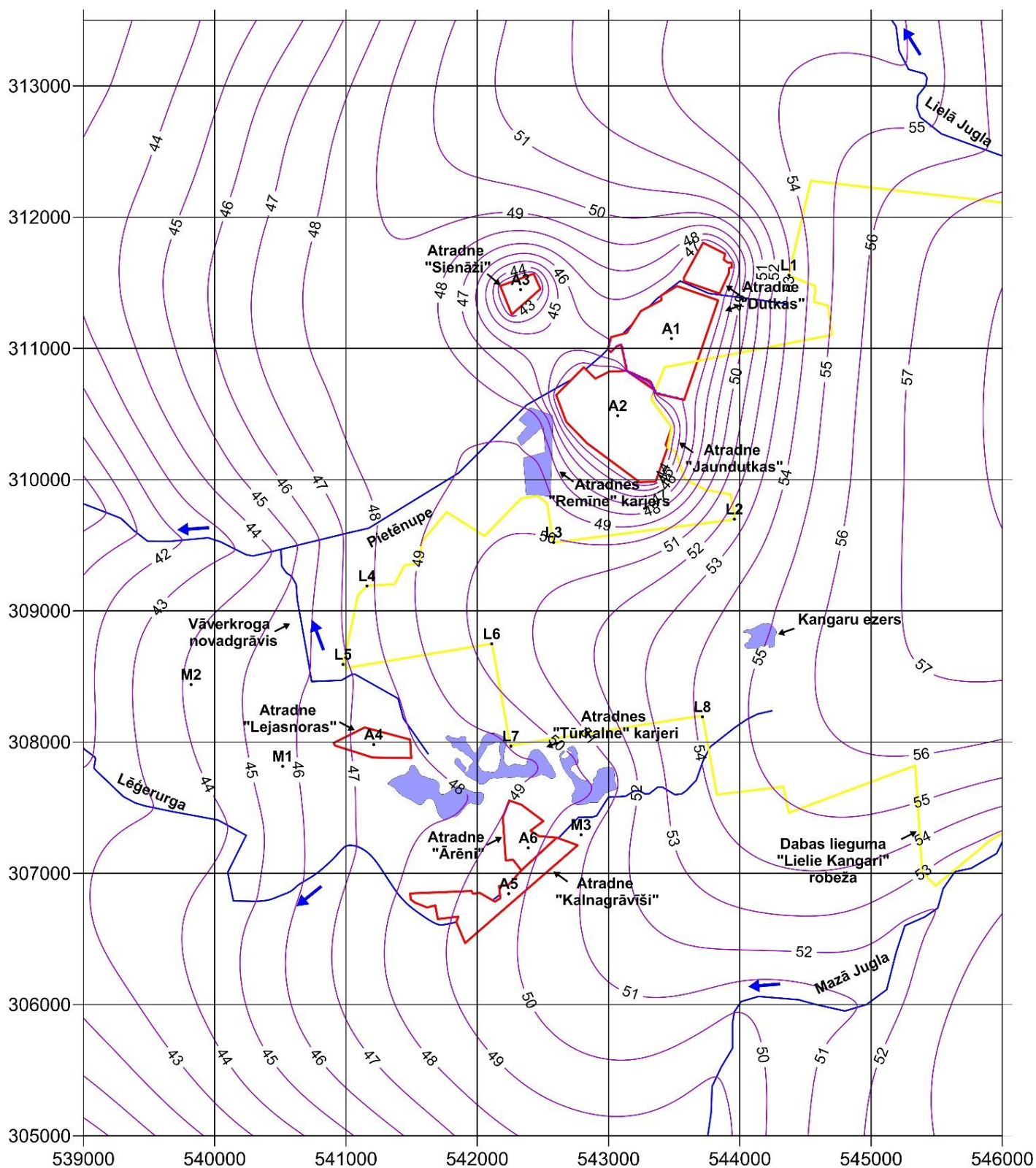
Pazemes ūdens pietece, ja darbojas atradņu grupas vai atsevišķas atradnes

N.p.k.	Atradnes HM kods	Pazemes pietece [m^3/dnn]		
		grupā	atradnēs	starpība
1.	$a_1+a_2+a_3$	19866	27450	7584
2.	$a_4+a_5+a_6$	17587	23134	5547
3.	1. un 2. rindu summa	37453	50584	13131
4.	Visas atradnes vienlaicīgi	37385	50584	13199
5.	4. un 3. rindu starpība	-68	0.0	68

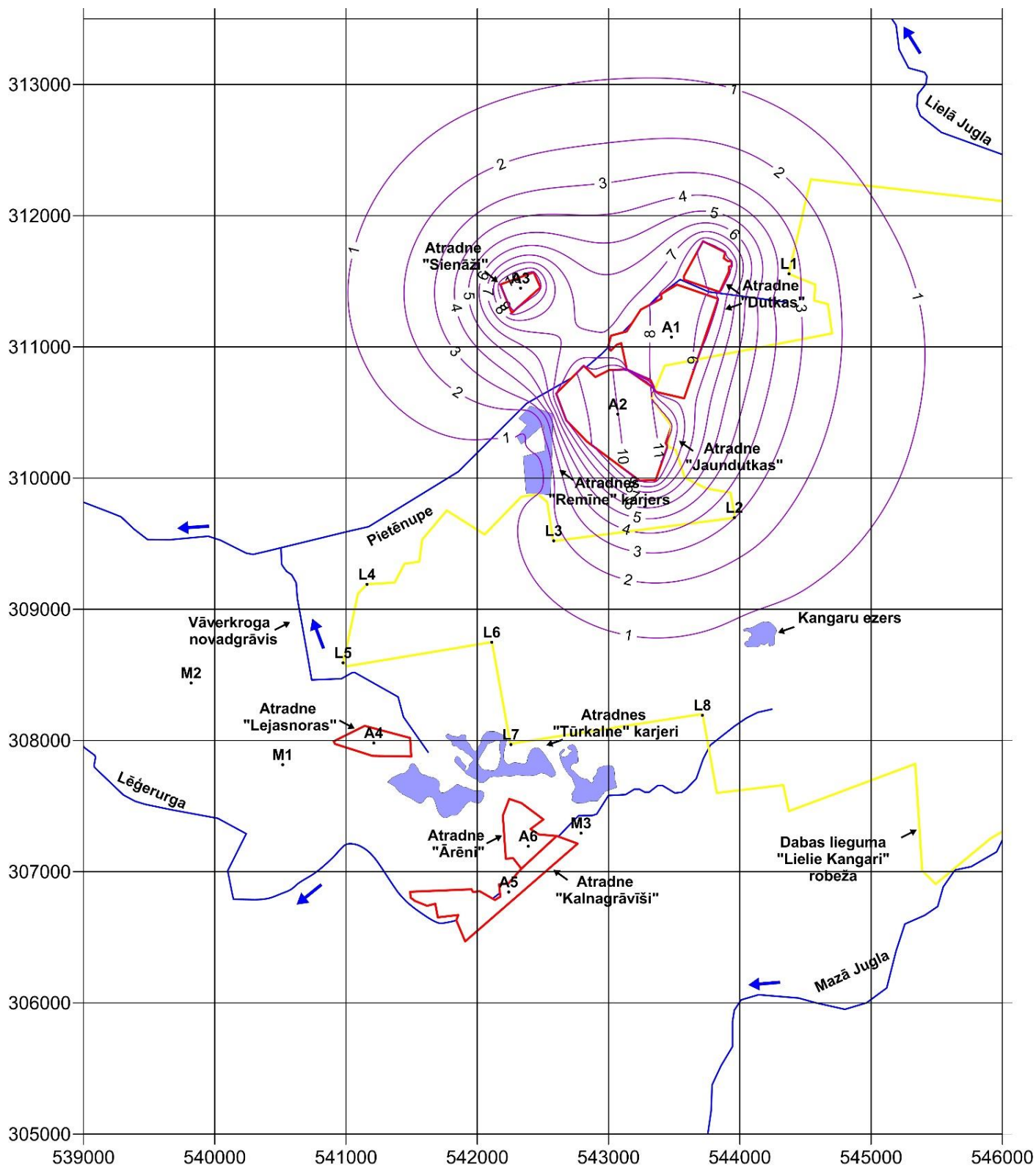
Tabula informē par karjera pieteces samazināšanos 1. un 2. grupai (27450→19866) un (23134→17587), salīdzinot ar atsevišķu atradņu pietecē summu (tabulas 4. rinda). Tabulas 3. rinda (1. un 2. rindas summa) ir praktiski vienāda ar 4. rindas datiem (atšķirība apmēram ~0.2%), kas arī apliecina jau konstatēto 1. un 2. grupu atradņu neatkarīgumu.

Karjeru pietece samazinās galvenokārt cieši saistīto atradņu mijiedarbības dēļ.

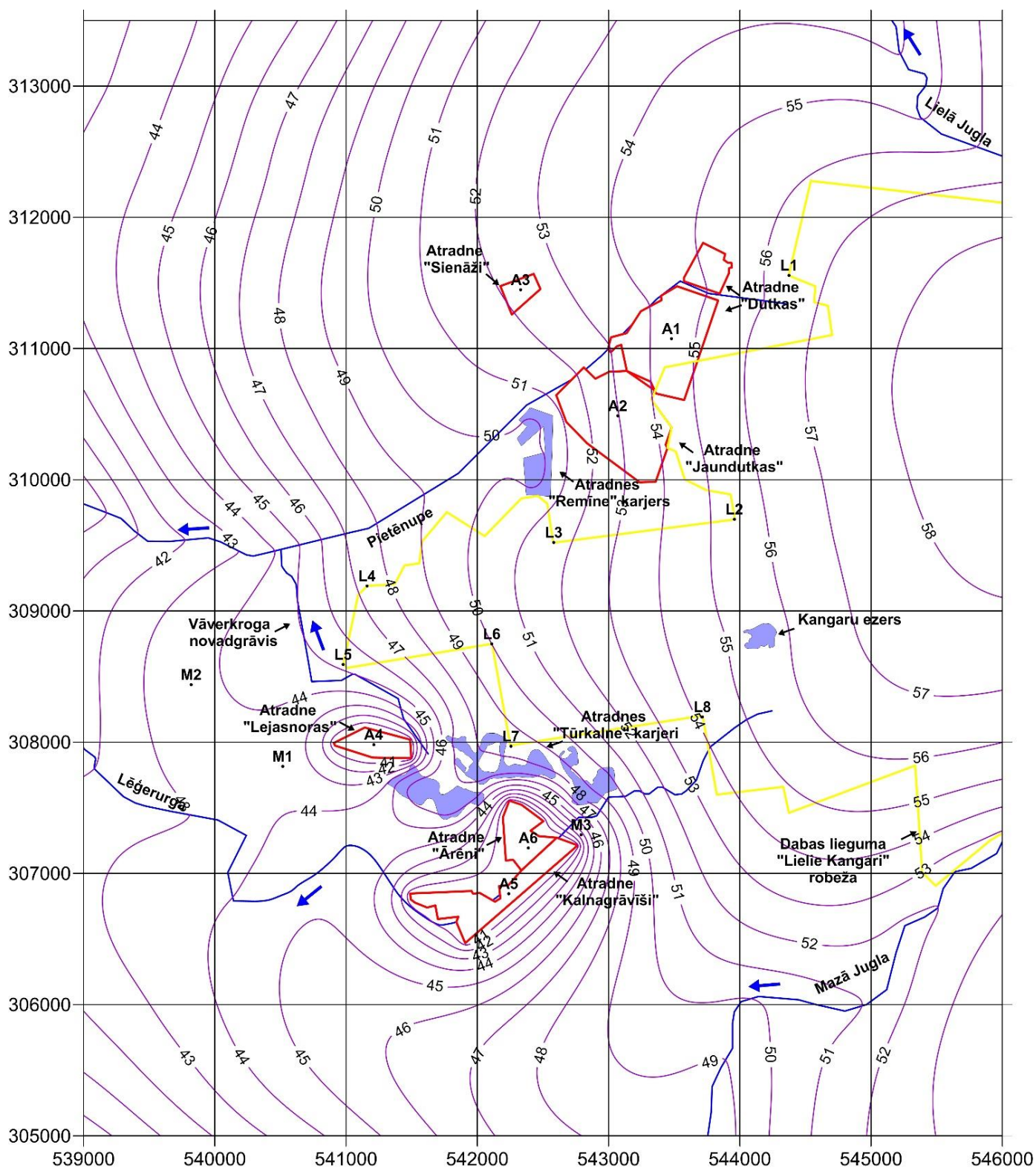
Horizonta D3dg# ūdens līmeņu un depresiju piltuves izolīniju kartes skatāmas šādos attēlos: 1. grupa (4.1. att. un 4.2. att.); 2. grupa (4.3. att. un 4.4. att.); visas atradnes 4.5. att. un 4.6. att.). Depresiju piltuve visu atradņu darbības variantā (4.6. att.) apstiprina novērtējumu par to, ka 1. un 2. grupas atradnes nav saistītas. Šis rezultāts, kas iegūts skaitliski (modelēšanas datu tabulu analīze) un grafiski (depresiju piltuvju izolīniju karte) sakrīt ar jau 2014. gadā iegūto novērtējumu pārskatā [3].



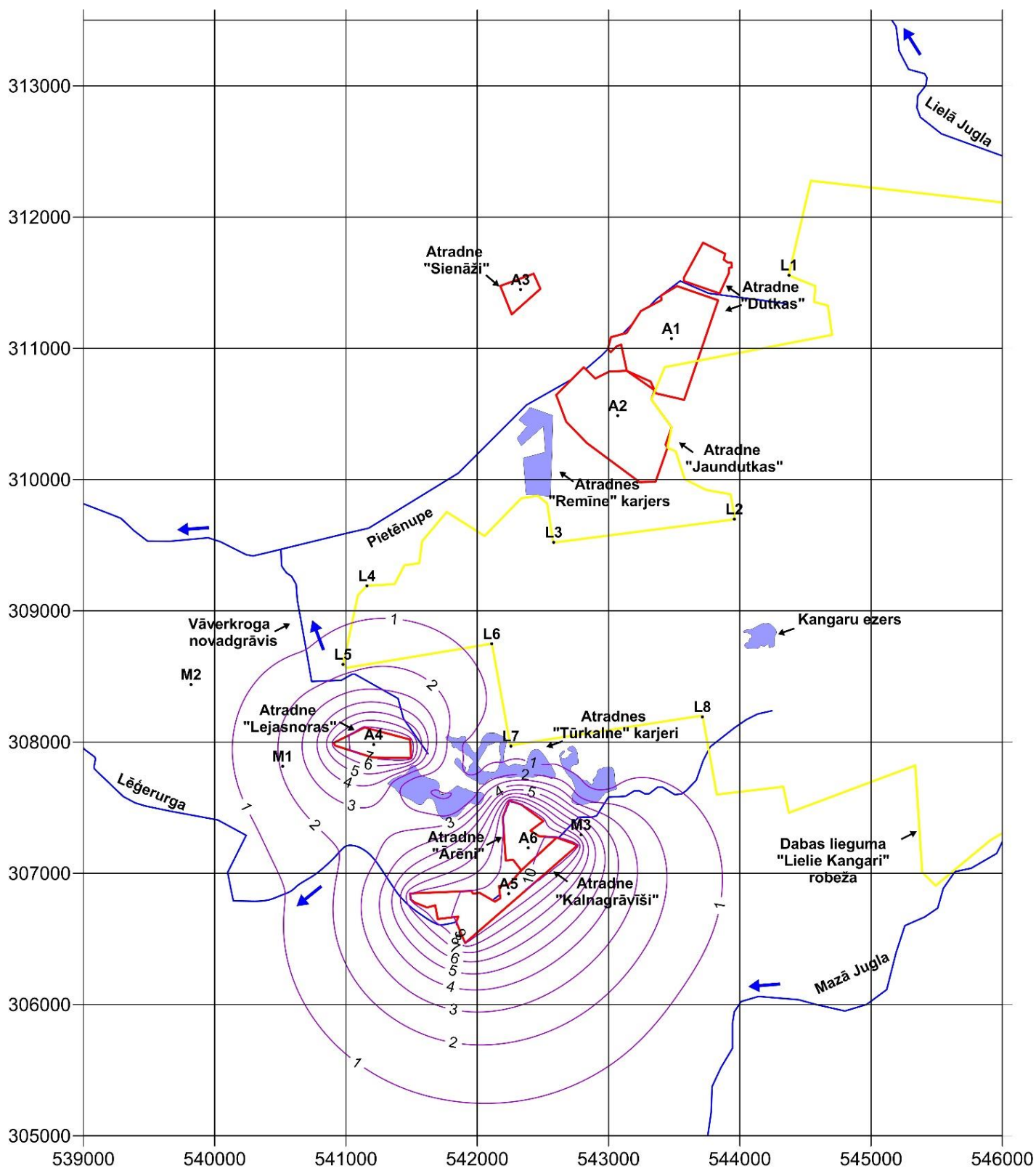
4.1. att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte, ja darbojas atradnes “Dutkas”, “Jaundutkas” un “Sienāži”



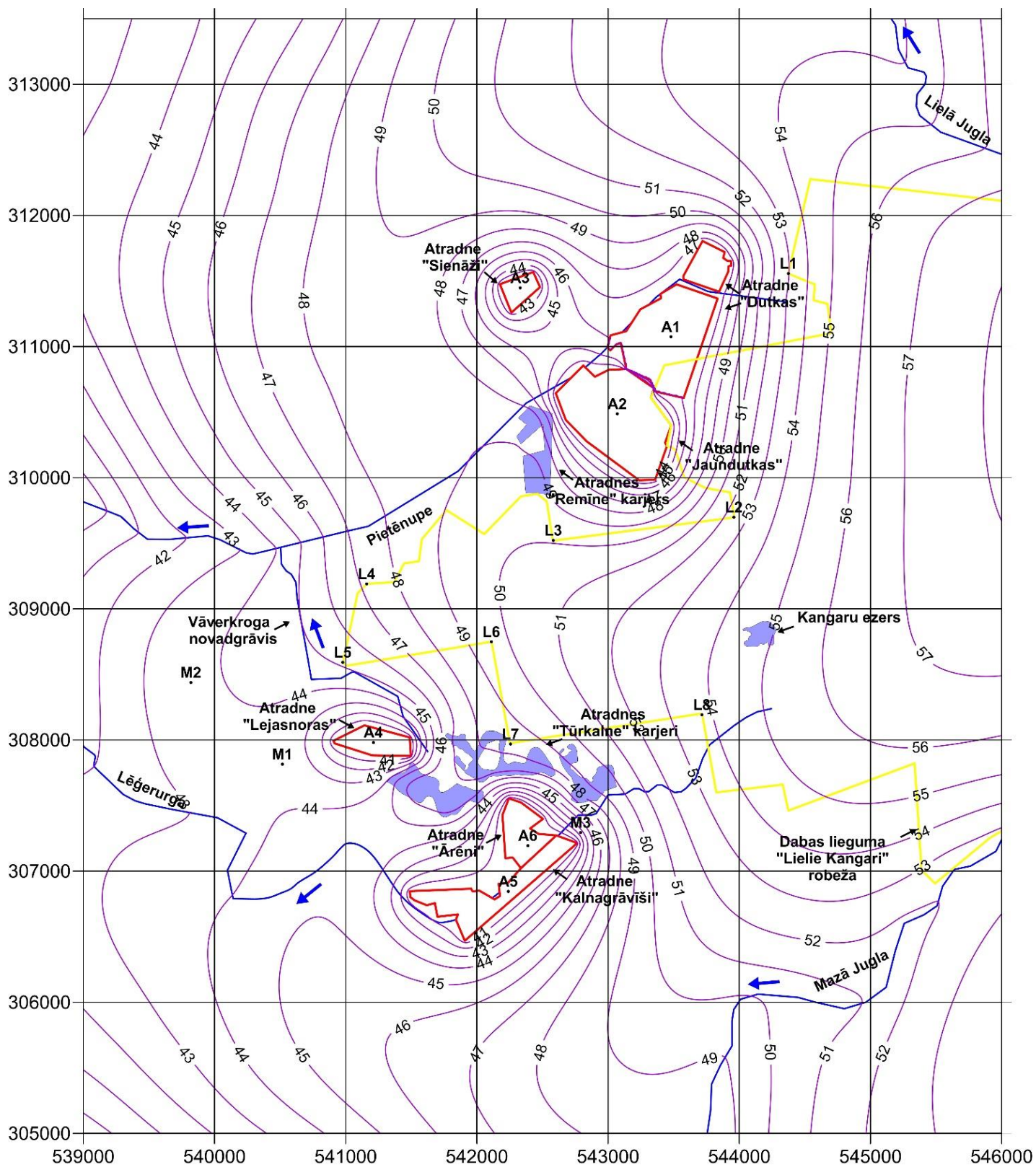
4.2. att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīnu karte, ja darbojas atradnes “Dutkas”, “Jaundutkas” un “Sienāži”



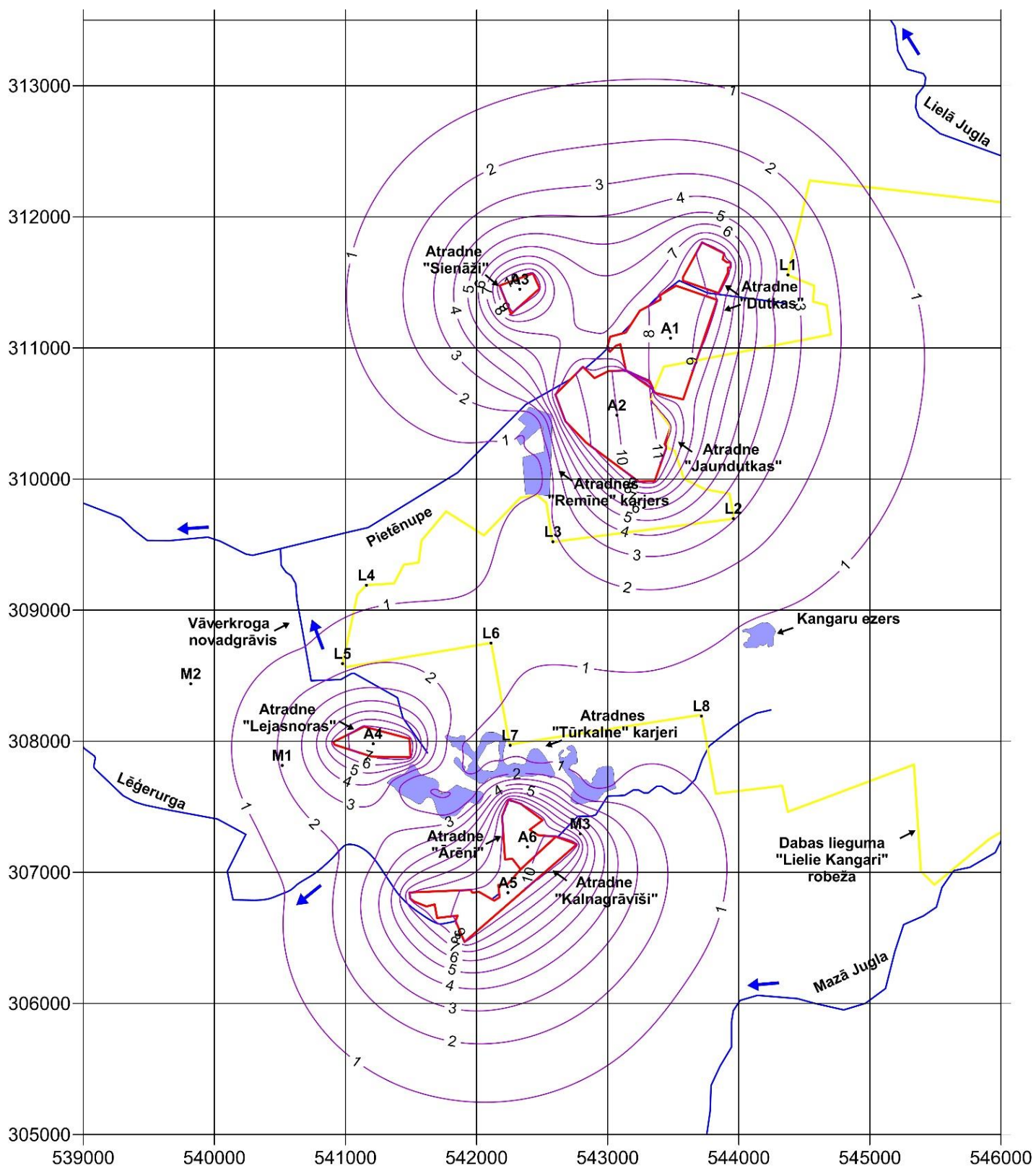
4.3. att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte, ja darbojas atradnes “Lejasnoras”, “Kalnagrāviši” un “Ārēni”



4.4. att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīnu karte, ja darbojas atradnes "Lejasnoras", "Kalnagrāvīši" un "Ārēni"



4.5. att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa [m vjl] izolīniju karte, ja darbojas visas atradnes



4.6. att. Horizonta D3dg# ūdens līmeņa pazeminājuma [m] izolīniju karte, ja darbojas visas atradnes

Ūdensobjektu plūsmu samazinājums [%] dolomīta atradņu grupu darbības dēļ

N.p.k.	Atradnes HM kods	Ūdensobjektu plūsmas izmaiņas [%]					
		U1	U2	U4	U5	q_{D3slp}	q_{aer}^*
1.	a1+a2+a3	0.03	12.32	0.08	0.00	9.41	35.75
2.	a4+a5+a6	5.47	0.66	0.00	0.09	5.82	22.50
3.	Visas atradnes vienlaicīgi	5.48	12.96	0.03	0.09	15.23	58.16
4.	Atsevišķās atradnes kopā	6.80	22.56	0.18	0.13	20.35	78.21
5.	3. rinda/4.rindu	0.81	0.57	0.50	0.65	0.75	0.74

*—infiltrācijas plūsma q_{aer} pieaug

Par atsevišķu atradņu un to grupu ietekmi uz ūdensobjektu plūsmu izmaiņu informē 11. un 15. tabulas:

- atradņu darbība neietekmē lielās un Mazās Juglas upju caurplūdumu (~0.15%);
- Pietēnupes un Lēģerurgas caurplūdums samazinās mazāk, ja darbojas atradņu grupas (22.56 %→12.96 % un 6.80 %→5.48 %). Ja Pietēnupē ievada no dolomīta karjera izsūknēto ūdeni, tad faktiskā caurplūde var pat palielināties; Lēģerurgas caurplūdums samazinās tās neregulētajā daļā, kas vasarās pat izzūst [3];
- Pazemes plūsmu q_{D3slp} sprostslānī D3slp#z vairāk samazina atradnes “Dutkas”, “Jaundutkas” un “Kalnagrāvīši”, (5.13 %, 4.90 % un 4.08 %), ja tās darbojas atsevišķi; ja atradnes darbojas grupā, tad ietekme uz plūsmu q_{D3slp} samazinās 0.75 reizes; tomēr plūsmas q_{D3slp} samazināšanās nevar būtiski izmainīt ūdens līmeņa sadalījumu horizontā D3pl;
- Infiltrācijas plūsma q_{aer} pieaug kā dabīga vides reakcija uz dolomīta karjeru nosusināšanu.

9. Lokālā hidroģeoloģiskā modeļa apraksts

Lokālais HM izpētes apgabalā aprēķina vidējo gada ūdens līmeņa ϕ un plūsmas q sadalījumu horizontos Q2 un D3dg#, ievērojot derīgo izrakteņu atradņu ietekmi.

Lokālajā HM ir septiņi slāņi:

- zemes virsmas reljefa rel ψ_{rel} – karte, kas ir robežnoteikums modeļa augšējai daļai;
- aerācijas zona aer kā sprostslānis, kas nosaka infiltrācijas plūsmu; tā ievēro nokrišņu un kušanas ūdeņu ietekmi;
- kvartāra ūdens horizonts Q2, kurā darbojas modelī iekļautais hidrogrāfiskais tīkls (upes, grāvji, ezeri), kas ir papildus robežnoteikumu kopa;
- kvartāra sprostslānis gQ2z, kas atdala horizontu Q2 no pamatiežu horizonta D3dg#;
- pamatiežu horizonts D3dg#, kurā atrodas dolomīta ieguves karjers;
- sprostslānis D3slp#z, kas būtiski samazina horizonta D3pl ietekmi uz hidroģeoloģiskajiem apstākļiem;
- horizonta D3pl pazemes ūdens līmeņu ψ_{D3pl} –karte, kas ir robežnoteikums modeļa apakšējai daļai.

Modeļa vertikālā shematizācija skatāma 16. tabulā.

16. tabula

Lokālā hidroģeoloģiskā modeļa vertikālā shematizācija

Slāņa Nr.	Slāņa nosaukums	Slāņa šifrs	Slāņa biezums [m]	Filtrācijas koeficients [m/dnn]	Piezīmes
1.	Reljefs	rel	0.02	10	ψ_{rel} - karte kā robežnoteikums
2.	Aerācijas zona kā sprostsānis	aer	mainīgs	10^{-4} - 10^{-5}	nepieciešama kalibrācija
3.	Kvartāra ūdens horizonts	Q2	mainīgs	5	Pieslēdz hidrogrāfisko tīklu
4.	Kvartāra morēna	gQ2z	mainīgs	10^{-2}	
5.	Daugavas ūdens horizonts	D3dg#	mainīgs	15	dolomīta karjeru nosusināšana
6.	Salaspils sprostsānis	D3slp#z	mainīgs	3×10^{-5}	
7.	Pļaviņu ūdens horizonts	D3pl	2.0	10	Ψ_{D3pl} -karte kā robežnoteikums

Modeļa režģa plaknes aproksimācijas solis ir 10 metri. Mezglu skaits vienā HM slānī $1200 \times 1400 = 1.68 \cdot 10^6$. Telpiskajā HM režģī ir $7 \times 1.68 \cdot 10^6 = 11.76 \cdot 10^6$ mezglu.

Pirmais un septītais slānis kalpo tikai robežnoteikumu piesaistei modelim. Tāpēc pirmajā slānī, nolūkā minimizēt stratigrāfijas ģeometrisko kropļojumu, tā biezums ir 0.02 metri. Septītajam slānim nosacīts biezums 2.0 metri izmantots tikai tāpēc, lai vertikālo griezumā kartēs tajā varētu parādīt pazemes ūdens līmeņu izolīnijas (skat.2.10. att. un 2.11. att.).

Kā reģionālu datu avots lokālā HM izveidošanai izmantots Latvijas hidroģeoloģiskais modelis LAMO4 (skat. 1.1a. att. un [18, 19]). LAMO4 un lokālais HM darbojas licenzētas programmatūras Groundwater Vistas 7 [23] vidē. LAMO4 plaknes aproksimācijas solis ir 250 metri.

Lokālā HM reģionālos datus papildina un koriģē informācija par zemes virsmas reljefu ψ_{rel} (2.1. att.), hidrogrāfisko tīklu (1.9. att.) un par ģeoloģisko slāņu īpašībām (biezums, filtrācijas koeficients).

Digitālais reljefs nogludināts, izmantojot programmatūras SURFER –12 iespējas [24].

Ūdensteču profili iestrādāti reljefā, izmantojot programmatūru GDI [25].

Darbībai ar informācijas datnēm izmantota programmatūra ArcGIS [26].

Lai iegūtu ticamus HM rezultātu, bija jāveic modeļa kalibrēšana, izmantojot informāciju par izpēti apgabalu:

- ψ_{rel} un ψ_{D3pl} – kartes kā robežnoteikums modeļa 1. un 7. slānīm; ψ_{D3pl} – karte ņemta no LAMO4;
- izveidoti un izmantoti ūdensteču profili (2.1a. att. –2.5a. att.) kā robežnoteikumi horizontā Q2 (2. slānis);
- ūdenstilpņu dati (3. tabula) kā robežnoteikumi horizontā Q2;

- novērošanas staciju dati (“Stariņi” pie Mazās Juglas upes un “Zaķi” pie Lielās Juglas upes) par prognozēto pazemes pieteci. To izmanto kā kalibrācijas etalonu hidrogrāfiskajam tīklam;
- precizētu informāciju par filtrācijas koeficientu horizontā D3dg# (izmantots $k=15$ m/dnn);
- slāņu gQ2z, D3dg# un D3slp#z biezumu sadalījumi iegūti no LAMO4;
- derīgo izrakteņu atradnes pamatnes augstumu (8. un 9. tabula) izmanto kā robežnoteikumu karjera nosusināšanai horizontā D3dg#.

Modeli kalibrējot, tiek atrasta filtrācijas koeficientu karte aerācijas zonai k_{aer} un sprotslāņu gQ2z un D3slp#z filtrācijas koeficientu k_{gQ2z} un k_{D3slp} kartes. Tās izmantojot, aprēķinātie φ un q sadalījumi atbilst vidējai gada hidroģeoloģiskajai situācijai izpētes apgabalā.

Lokālais HM aprēķina pazemes ūdens plūsmas, no kurām pazemes notece upēs raksturo pazemes un virszemes ūdeņu mijiedarbību. Pazemes plūsmas dabā izmērīt nav praktiski iespējams. To vērtības var iegūt kā HM aprēķina rezultātu.

10. Secinājumi

Rīgas Tehniskās universitātes Vides modelēšanas centra speciālisti 12km×14km izmēra izpētes teritorijai Ropažu novadā ir sagatavojuši pārskatu par ietekmes uz vidi vērtējumu. Teritorijā atrodas derīgo izrakteņu atradnes “Remīne”, “Dutkas”, “Jaundutkas”, “Sienāži”, “Tūrkalne”, “Lejasnoras”, “Kalnagrāvīši” un “Ārēni”.

Pārskatā ietvertie galvenie rezultāti ir iegūti ar hidroģeoloģiskās un hidroģeoloģiskās modelēšanas metodēm. Lokālais hidroģeoloģiskais modelis izpētes apgabalā izveidots, izmantojot Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 datus.

Pārskats sagatavots, vadoties no Vides pārraudzības valsts biroja apstiprinātās programmas prasībām par minēto derīgo izrakteņu atradņu mijiedarbības novērtēšanu un atradnes “Lejasnoras” pazemes ūdens līmeņa pazeminājuma piltuves un dolomīta ieguves karjera pazemes pieteces aprēķināšanu.

Pārskatā veikta minēto derīgo izrakteņu atradņu darbības kvalitatīvā un kvantitatīvā analīze, izmantojot ar hidroģeoloģisko un hidroģeoloģisko modelēšanu iegūtos skaitliskos un grafiskos datus par atradņu pazemes ūdens pazeminājuma (depresijas) piltuvēm un ūdens pietecēm nosusināto atradņu karjeros. Modelēšanas rezultāti raksturo visnelabvēlīgāko atradņu izmantošanas stāvokli: ūdens līmeņa pazeminājums visā atradnes laukumā un dziļumā, atradnes darbojas ilgstoši bez pārtraukuma.

Ievērota atradņu “Remīne” un “Tūrkalne” appludināto karjeru kā mākslīgo ūdenstilpņu ietekme.

Novērtēta atradņu izmantošanas ietekme uz izpētes apgabala ūdenstecēm, infiltrācijas plūsmu aerācijas zonā un Pļaviņu ūdens horizontā D3pl.

Izveidots virtuālu novērošanas punktu tīkls, kas dod skaitliskus datus par atradņu izmantošanas ietekmi uz dabas liegumu “Lielie Kangari” (8 punkti) un viensētām (3 punkti).

Noskaidrots, ka derīgo izrakteņu atradņu grupa ‘Dutkas’, ‘Jaundutkas’, ‘Sienāži’ un grupa ‘Lejasnoras’, ‘Kalnagrāvīši’, ‘Ārēni’ darbojas kā nesaistīti un neatkarīgi objekti. Šis rezultāts, kas iegūts skaitliski (modelēšanas datu tabulu analīze) un grafiski (depresiju piltuvju izolīniju kartes) sakrīt ar jau 2014. gadā iegūto novērtējumu pārskatā par derīgo izrakteņu atradņu “Kalnagrāvīši” un “Ārēni” hidroģeoloģisko modelēšanu.

Apkopojot ar lokālo hidroģeoloģisko modeli iegūtos datus, iegūti rezultāti par derīgo izrakteņu atradnes “Lejasnoras” pazemes ūdens līmeņa pazeminājuma (depresijas) piltuvi un dolomīta ieguves karjera prognozēto pazemes pieteci:

1. Derīgo izrakteņu atradnei “Lejasnoras” pazemes ūdens līmeņa pazeminājums ir 7.4 metri, karjera pietece $5748 \text{ m}^3/\text{dnn}$, atradni praktiski neietekmē atradnes “Kalnagrāvīši” un “Ārēni” (ietekme tikai 1.3 % un 1.1 %);
2. Depresijas piltuves rādiuss nepārsniedz aptuveni 1.0 km. Piltuves laukumu DA virzienā ierobežo atradnes “Tūrkalne” appludināto karjeru ietekme. Tikai viensētai “Paltes” iespējama sekla ($\sim 3.0 \text{ m}$) grodu akas nosusināšana. Viensētai “Laimespurvs”, kas atrodas depresijas piltuves laukumā, ūdensapgādei izmanto urbumu;
3. Atradnes “Lejasnoras” darbības dēļ tuvākajā novērošanas punktā uz dabas lieguma Lielie Kangari robežas un viensētai “Paltes” pazeminājumi ir 1.59 m un 1.80 m, t.i., pārsniedz sezonālo viena metra gruntsūdens līmeņa izmaiņu izpētes apgabalā. Pazemes ūdens līmeņi un to pazeminājumi Kvartāra un Daugavas horizontos Q2 un D3dg# atšķiras maz. Horizontā Q2 jūtama Vāverkroga novadgrāvja ietekme;
4. Atradnes karjera atsūkņēšanas plūsma $5.75 \text{ tūkst.m}^3/\text{dnn}$ tiek nodrošināta, pieaugot infiltrācijai ($2.18 \text{ tūkst.m}^3/\text{dnn}$), kā arī samazinoties Lēģerurgas un atradnes “Tūrkalne” appludināto karjeru pazemes pieteces plūsmām ($1.1 \text{ tūkst.m}^3/\text{dnn}$ un $2.4 \text{ tūkst.m}^3/\text{dnn}$). Lēģerurgai caurplūduma izmaiņa ir 2.28 % tās neregulētajā daļā, kas vasarā izžūst. Pietēnupes caurplūdumu atradne neietekmē (0.62 % izmaiņa). Infiltrācijas plūsma pieaug par 5.91 %, kā dabīga vides reakcija uz dolomīta karjera nosusināšanu;
5. Iespējams, ka atradnes “Lejasnoras” darbība var pazemināt ūdens līmeni appludinātajos “Tūrkalnes” atradnes karjeros. Tāpēc varētu daļu no atsūkņētā ūdens izmantot to līmeņa stabilizācijai;
6. Ja vienlaicīgi darbotos atradnes “Lejasnoras”, “Kalnagrāvīši” un “Ārēni”, tad papildus ūdens līmeņa pazeminājumi tuvākajā novērošanas punktā uz dabas lieguma robežas un viensētā “Paltes” būtu nenozīmīgi ($1.59 \rightarrow 1.62 \text{ m}$ un $1.85 \rightarrow 2.04 \text{ m}$). Atradnes “Lejasnoras” karjera pietece samazinātos tikai par $0.19 \text{ tūkst.m}^3/\text{dnn}$ ($5.75 \rightarrow 5.56$). Minētie salīdzinošie rezultāti apstiprina, ka atradni “Lejasnoras” praktiski neietekmē atradnes “Kalnagrāvīši” un “Ārēni”, kas izskaidrojams ne tikai ar relatīvi lielo attālumu starp atradnēm, bet arī ar appludināto atradnes “Tūrkalne” karjeru ietekmi;
7. No atradnes “Lejasnoras” karjera atsūkņēto ūdeni paredzēts ievadīt Vāverkroga novadgrāvī. Novadgrāvja caurvades spēja ir pietiekama, pat ja tajā ūdeni $\sim 17.6 \text{ tūkst.m}^3/\text{dnn}$ vienlaicīgi ievadītu atradnes “Lejasnoras”, “Kalnagrāvīši” un “Ārēni”.

Jāatzīmē, ka modelēšana atradnei “Lejasnoras” veikta visnelabvēlīgākajā režīmā. Atradnes reālā darbībā šāds režīms ir maz varbūtīgs, jo dolomīta ieguve parasti notiek, pakāpeniski palielinot karjera dziļumu un laukumu vai arī secīgi izmantojot mazākus karjeros. Atradnē “Lejasnoras”, nolūkā samazināt depresijas piltuvi un pazemes ūdens pieteci, paredzēts dolomīta ieguvi veikt trīs mazākos karjeros.

Dolomītu ieguvi atradnē iespējams īstenot ar videi draudzīgāku scenāriju, kas izmanto pakāpenisku ieguves dziļuma palielināšanu, secīgu mazāku karjeru izmantošanu un mākslīgo ūdenstilpni.

Ja, darbu sākot, dolomītu ieguvi veic pilnā atradnes laukumā 2.5 metri biezai slāņkopai, kas atradnes rietumu daļā ir tās izmantojamais biezums, tad nepieciešamais ūdens līmeņa pazeminājums ir $S_1 = 3.5 \text{ m}$. Izmantojot pazeminājumu attiecību $S_1 / S_0 = 3.5 / 7.4 = 0.47$ (S_0 – maksimālais pazeminājums), var aprēķināt pazeminājuma samazinājumu tuvākajā novērošanas punktā uz dabas

lieguma Lielie Kangari robežas un viensētāi “Paltes”, attiecīgi 1.59 m→0.75 m un 1.85 m→0.87 m. Abi punkti atrodas ārpus depresijas piltuves, jo tās rādiuss samazinājies no 1 km → 0.7 km. Ja izstrādāto karjera rietumu daļu izmanto kā tilpni atsūknētā ūdens nostādināšanai un darbu turpina secīgi divos dziļākajos karjeros atradnes austrumu daļā, tad minētā ūdenstilpne var būtiski samazināt karjeru atsūknēšanas ietekmi uz ūdens līmeni grodu akā viensētā “Paltes”.

Pārskata datus un metodiku var izmantot arī citu atradņu ekspluatācijas režīmu darbības novērtēšanai un atradņu mijiedarbības prognozēšanai. Piemēram, iespējams aprēķināt ūdens līmeņa izmaiņas virtuālajos novērošanas punktos arī pie citiem faktiskiem pazeminājumiem S_f atradnēs, izmantojot attiecību S_f / S_0 (S_0 – maksimālais pazeminājums, kas izmantots pārskatā).

11. Izmantotie informācijas avoti

1. Vides pārraudzības valsts biroja apstiprinātā Programma Nr.5-03/6, (23.05.2019.) Ietekmes uz vidi novērtējumam smilts un dolomīta ieguvei nekustamajā īpašumā “Lejasnoras” (kadastra Nr.8084 017 0029), derīgo izrakteņu atradnē “Lejasnoras”, Ropažu novadā, Rīgā, Derīga līdz 2024. gada 23. maijam, 11 lpp.
2. SIA DekoGeoBalts. Ģeoloģiskā izpēte perspektīvajā dolomīta un smilts iecirknī “Lejasnoras” Ropažu novadā. Pārskats par veiktajiem darbiem. Rīgā, 2011. g. janvārī, 20 lpp. teksta, pielikumi par urbumu ģeoloģisko aprakstu, būvmateriālu testēšanu, par hidroģeoloģiskās izpētes rezultātiem un grafiskie pielikumi ar urbumu izvietojumu un ģeoloģiskajiem profiliem
3. SIA GEO&SERVICE. Ietekmes uz vidi novērtējuma ziņojuma aktuālā versija derīgo izrakteņu ieguvei atradnēs “Kalnagrāvīši” un “Arēni” Ropažu novadā 1. sējums. Ziņojuma teksts, Rīga, 2014, 72 lpp.
4. Smilts un dolomīta atradnes “Jaundutkas” Rīgas rajona Ropažu novadā inženierģeoloģiskās papildizpētes pārskats, SIA “Šurfs” , Daugavpils, 2010, 26 lpp.
5. Dolomīta atradne “Dutkas” Ropažu novadā derīgo izrakteņu ieguves projekts, SIA “4–novadi” , Rīgā, 2013, 70 lpp
6. Derīgo izrakteņu ieguves projekts dolomīta atradnei “Sienāži” Ropažu novadā, SIA “Zemes puse” , Rīga, 2014, 109 lpp
7. Ropažu novada teritorijas plānojums 2006.-2018. gadam (ar 2009. gada grozījumiem), I sējums, Paskaidrojuma raksts, 121 lpp
8. LVĢMC , Derīgo izrakteņu krājumu bilances par 2013, 2014, 2015, 2016, 2017. gadiem
9. LVĢMC hidroģeoloģisko novērojumu dati,
https://www.meteo.lv/lapas/noverojumi/noverojumi_ievads?id=1136&nid=422
10. Enciklopēdija ”Latvija un latvieši” Latvijas daba, apgāds Preses nams, Rīga, 6 sējumi 1994.g.-1998.g.
11. Latvijas PSR atlants, Maskava, 1988, 40 lpp
12. Latvijas ģeogrāfijas atlants, SIA “Karšu izdevniecība Jāņa sēta” , Rīga, 2009,40 lpp
13. Google Earth 2019.g. 20. marta satelītattēli
14. Valsts nozīmes ūdensnoteku datu kopsavilkums uz 2017.g. 1. novembri, 4. pielikums, Zemkopības ministrija, 22.11.2017. rīkojums Nr. 158
15. И. Дзилна. 1970 Ресурсы, состав и динамика подземных вод средней Прибалтики, изд. Зинатне, Рига, стр. 179
16. A. Avotniece, S. Aņiskeviča, E. Maļinovskis, Klimata pārmaiņu scenāriji Latvijai, Ziņojuma kopsavilkums, Valsts SIA Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centrs, Rīga, 2017, 14 lpp.

17. Ministru kabineta noteikumi; Nr. 329, Rīgā, 2015. gada 30. jūnijā, Noteikumi par Latvijas būvnormatīviem LBN 224-15. "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves"
18. A. Spalviņš "Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa izveidošana Rīgas Tehniskajā universitātē", *Rīgas Tehniskās universitātes zinātniskais žurnāls Datormodelēšana un robežproblēmas*, 55. sēj. RTU Press, 2016. 5.-11. lpp.
http://www.emc.rtu.lv/issues/2016/Spalvins_zin_darbiba.pdf
19. Informācija par Latvijas hidroģeoloģisko modeli LAMO4 Rīgas Tehniskās universitātes Vides modelēšanas centra mājas lapā <http://www.emc.rtu.lv>
20. A. Spalviņš, Pazemes ūdensobjektu kartēšana Daugavas upju baseina apgabalā, Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs, Rīga, 2013.g. novembris, 10 lpp. teksta, 5 tabulas, 36 attēli (kartes) un Pielikums Latvijas upju baseinu kartēšanas materiālam (22 lpp.)
http://www.emc.rtu.lv/ERAF/LVGMC/Daugavas_parskats_2013.pdf
21. A. Spalviņš, K. Krauklis, I. Lāce "Pazemes ūdens plūsmu barošanās, tranzīta un atslodzes apgabalu robežu noteikšana, *Rīgas tehniskās universitātes zinātniskais žurnāls Datormodelēšana un robežproblēmas*", RTU Press, Rīga, 2017, 57. sēj. 12-16 lpp,
http://www.emc.rtu.lv/issues/2017/02_VMC_56_2017_Spalvins.pdf
22. A. Spalvins, I. Lace, K. Krauklis, Improved Methods for Obtaining Permeability Maps of Aquifers for Hydrogeological Model of Latvia, Scientific Journal of Riga Technical University, Boundary Field Problems and Computer Simulation, RTU Press, Riga, 2015, vol. 54, pp. 35-42 http://www.emc.rtu.lv/issues/2015/05_VMC_DITF_54_2015_Lace.pdf
23. *Environmental Simulations, Inc.* Groundwater Vistas. Version 7, Guide to using, 2017
24. Golden Software, Inc., SURFER-12 for Windows, Users manual, Guide to Using, 2015. 11, Dec. 2016
25. VMC izstrādātā ģeoloģisko datu interpolācijas programma GDI, 2010
26. ArcGIS [GIS software]. Version 10.6. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2017
27. A. Indāns, J. Ošiņa, A. Zobena, Inženierģeoloģija, Rīga, Zvaigzne, 1986, 278 lpp.



Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 izmantošana vides problēmu risināšanai.



Dr.sc.ing. Aivars Spalviņš, Mg.sc.ing. Kaspars Krauklis, Mg.sc.ing. Inta Lāce
Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs

www.emc.rtu.lv, Aivars.Spalvins@rtu.lv

Istenojot Latvijas Valsts pētniecības programmu EVIDENT, RTU Vides modelēšanas centrs (VMC) ir izveidojis Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa (HM) pilnveidoto versiju LAMO4 pazemes ūdeņu aktīvajai zonai.

Šis modelis apkopo ģeoloģisko un hidroģeoloģisko informāciju, kas ir Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centra rīcībā, kā arī izmanto Latvijas Ģeotelpiskās Informācijas Aģentūras datus par Latvijas upēm, ezeriem un digitālo reljefu.

LAMO darbojas licenzētas programmatūras GROUNDWATER VISTAS-6 vidē, kurā ietilpst programmas: MODFLOW (realizē HM), MODPATH un MT3D (veic piesārņojuma kustības modelēšanu).

Izmantojot LAMO4 datus, RTU VMC sagatavo informāciju par:

- ģeoloģisko slāņu stratigrāfiju un filtrācijas īpašībām;
- pazemes ūdens līmeņiem un plūsmām;
- mijiedarbību starp pazemes un virszemes ūdeņiem (jūra, upes, ezeri).

RTU VMC izmanto LAMO4 informāciju kā datu avotu lokālu modeļu izveidošanai un dabas procesu pētīšanai.

No LAMO4 iegūtos datus lokālā modeļa apgabalā papildina ar detalizētu ģeoloģisko slāņu stratigrāfiju, precizētām filtrācijas īpašībām un blīvāku upju un ezeru tīklu.

Lokālos HM izmanto vides un dabas aizsardzības uzdevumu risināšanai:

- pazemes ūdensgūtnes, to ražība, aizsargjoslu novietojums, piesārņojuma risks, u.c.;
- piesārņojums ūdenī un gruntī, tā apjoms, kustības virziens un ātrums, vides attīrīšanas scenāriji;
- ietekmes uz vidi novērtējums minerālu karjeriem, pazemes būvēm, ūdensgūtnēm un citiem objektiem.

LAMO apgabals 142.5 tūkst.km².

LAMO4 laukums 71.3 tūkst.km²

ietver Latvijas sauszemes teritoriju un Rīgas jūras līci.

Teritorijas ar kaimiņvalstīm var aktivizēt pārrobežu projektu īstenošanai.



LAMO telpiskais režģis

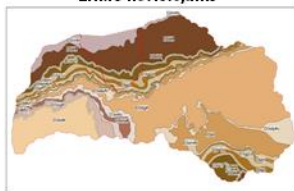
Ģeoloģiskā telpa tiek aproksimēta ar xyz-režģi. Režģi veido (h×h×m) izmēru bloki, kur m ir mainīgs slāņa biezums un h ir

**plaknes aproksimācijas solis
250 metri**

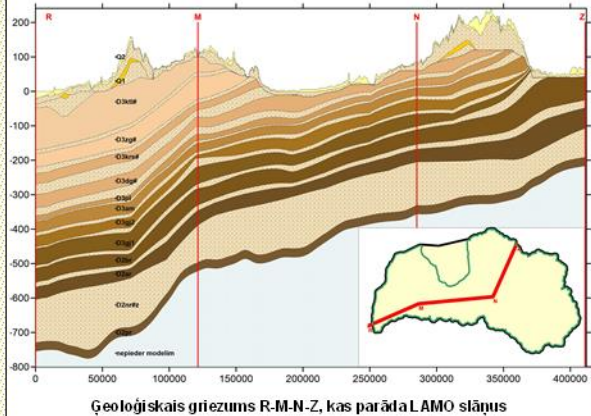
**LAMO režģi ir
61.56°10' bloki.**

Modelēti 27 ģeoloģiskie slāņi.

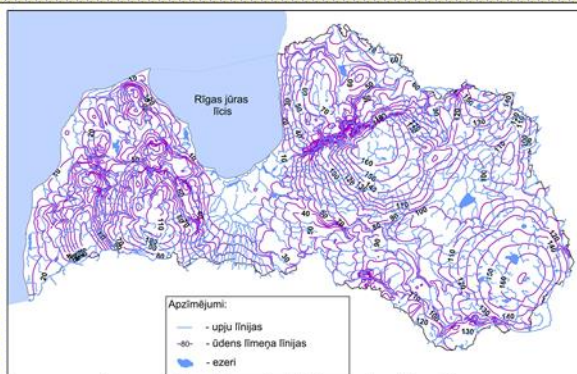
LAMO novietojums



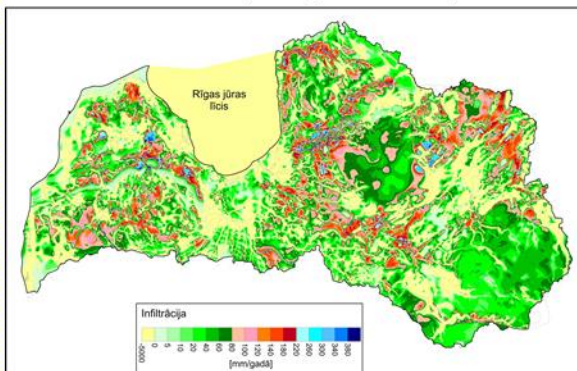
Pamatiežu ģeoloģisko slāņu robežas



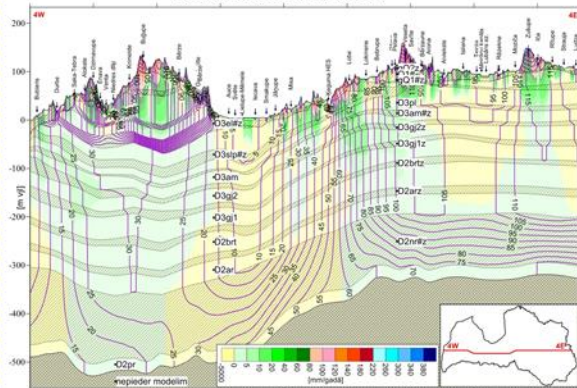
Ģeoloģiskais griezum R-M-N-Z, kas parāda LAMO slāņus



Pazemes ūdens līmeņu izolīnijas zenkvartārā slāņos



Infiltrācija pamatiežu virsmā.

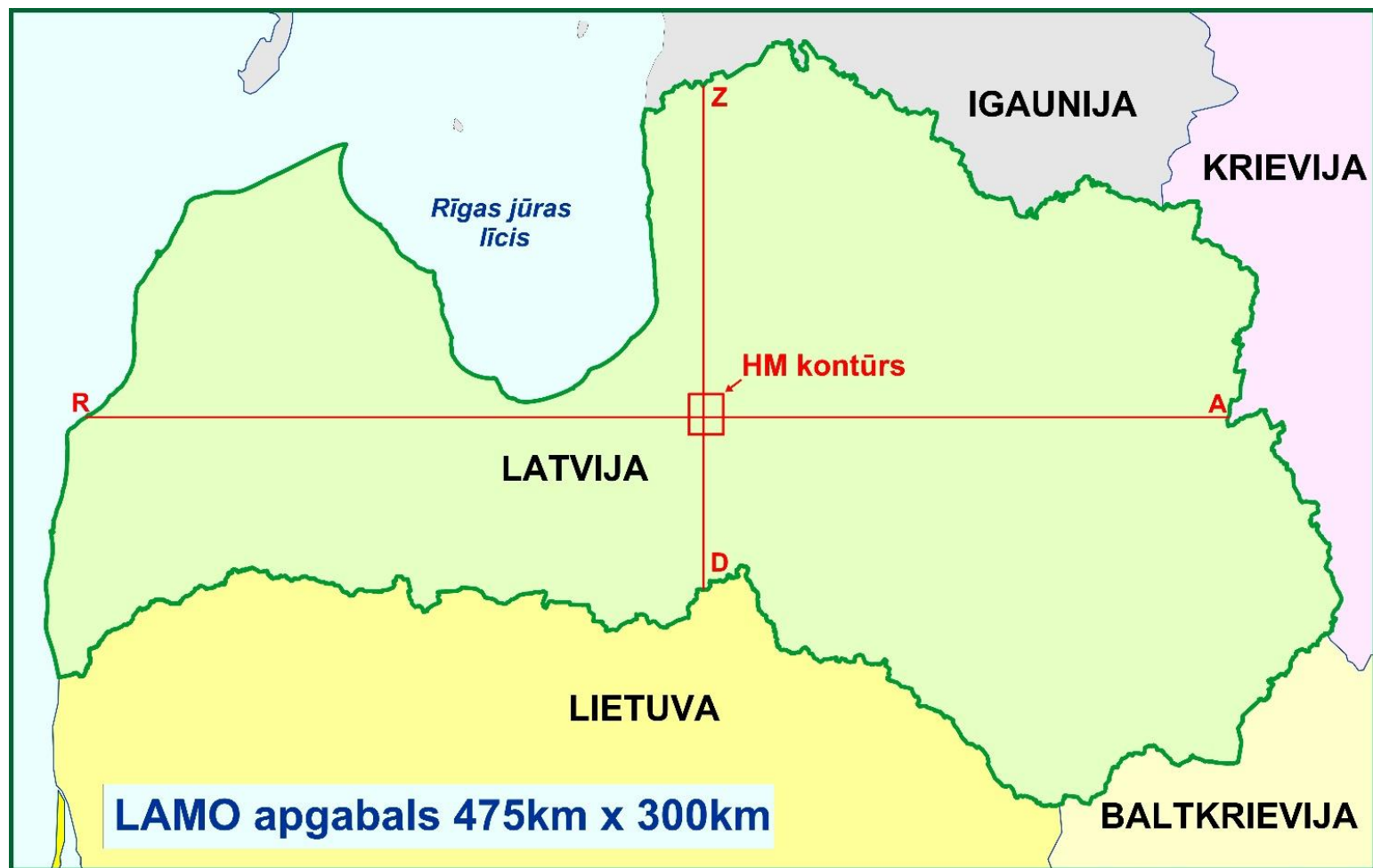


Ģeoloģiskais griezum 4W-4E ar pazemes ūdens līmeņu izolīnijas un krāsu skalā attēlotu infiltrāciju

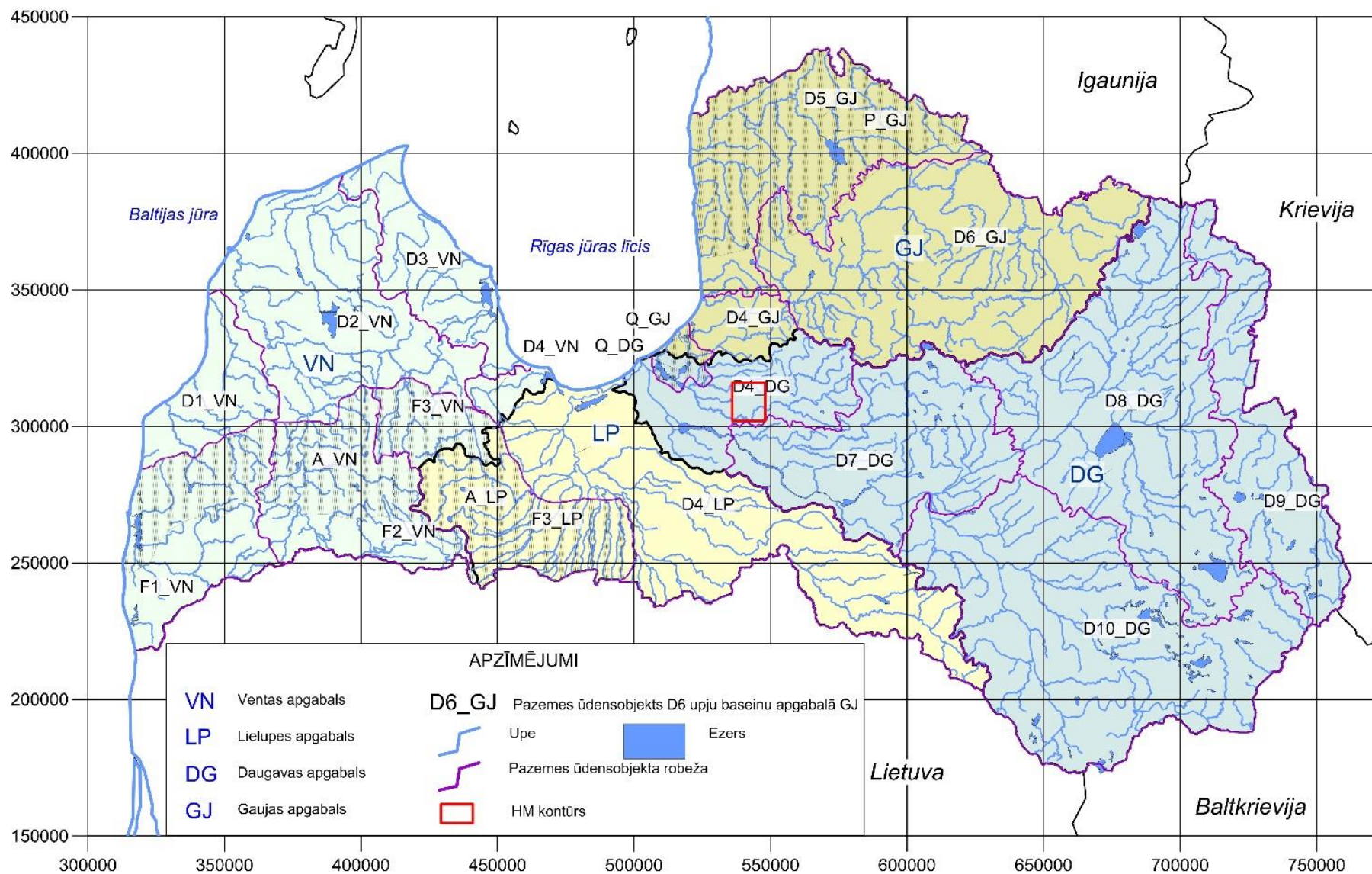
LAMO4 aprēķinātā pazemes ūdens plūsmas bilance (tūkst.m³/dn)
upju baseinu apgabalos un Latvijā

Apgabala nosaukums	nokrišņi	upes	ezeri	robeža	urbumi	Laukums [tūkst.km ²]
Gaujas	3691	-3471	-86	-116	-18	13.00
Daugavas	6247	-5171	-553	-432	-91	27.06
Lielupes	1100	-1114	-30	64	-20	8.86
Ventas	3183	-2630	-156	-371	-26	15.63
Latvija	14221	-12386	-825	-855	-155	64.55

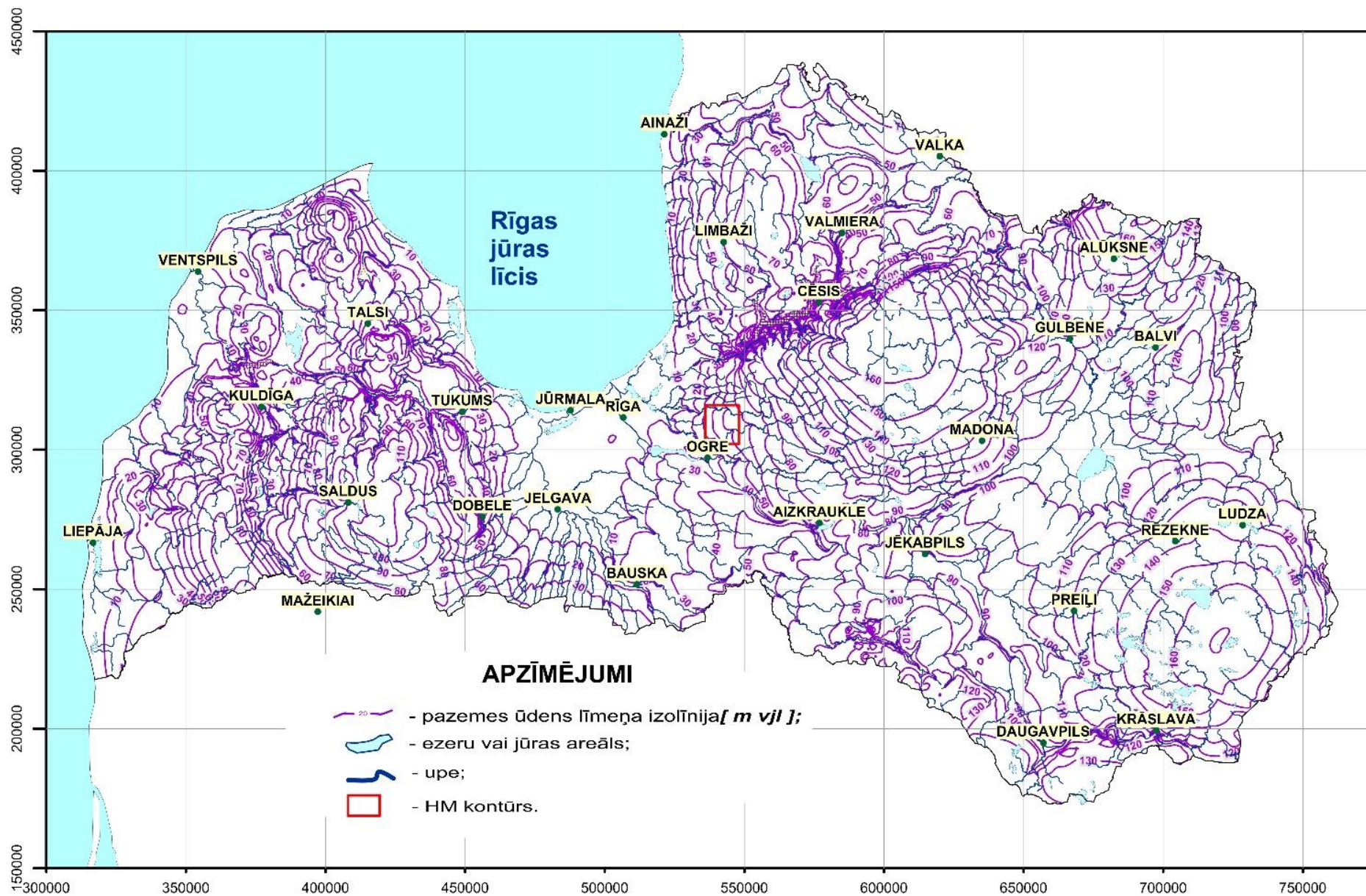
1.1a. att. Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 izmantošana vides problēmu risināšanai



1.2a. att. Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 teritorija ar iezīmētu lokālā HM kontūru un reģionālo griezumumu R-A un D-Z novietojumu [20]



1.3a. att. Latvijas pazemes ūdensobjektu karte ar iezīmētu lokālā HM kontūru [20]



1.4a. att. Pazemes ūdens līmeņa izolīnijas pamatiežos ar iezīmētu lokālā HM kontūru [20]

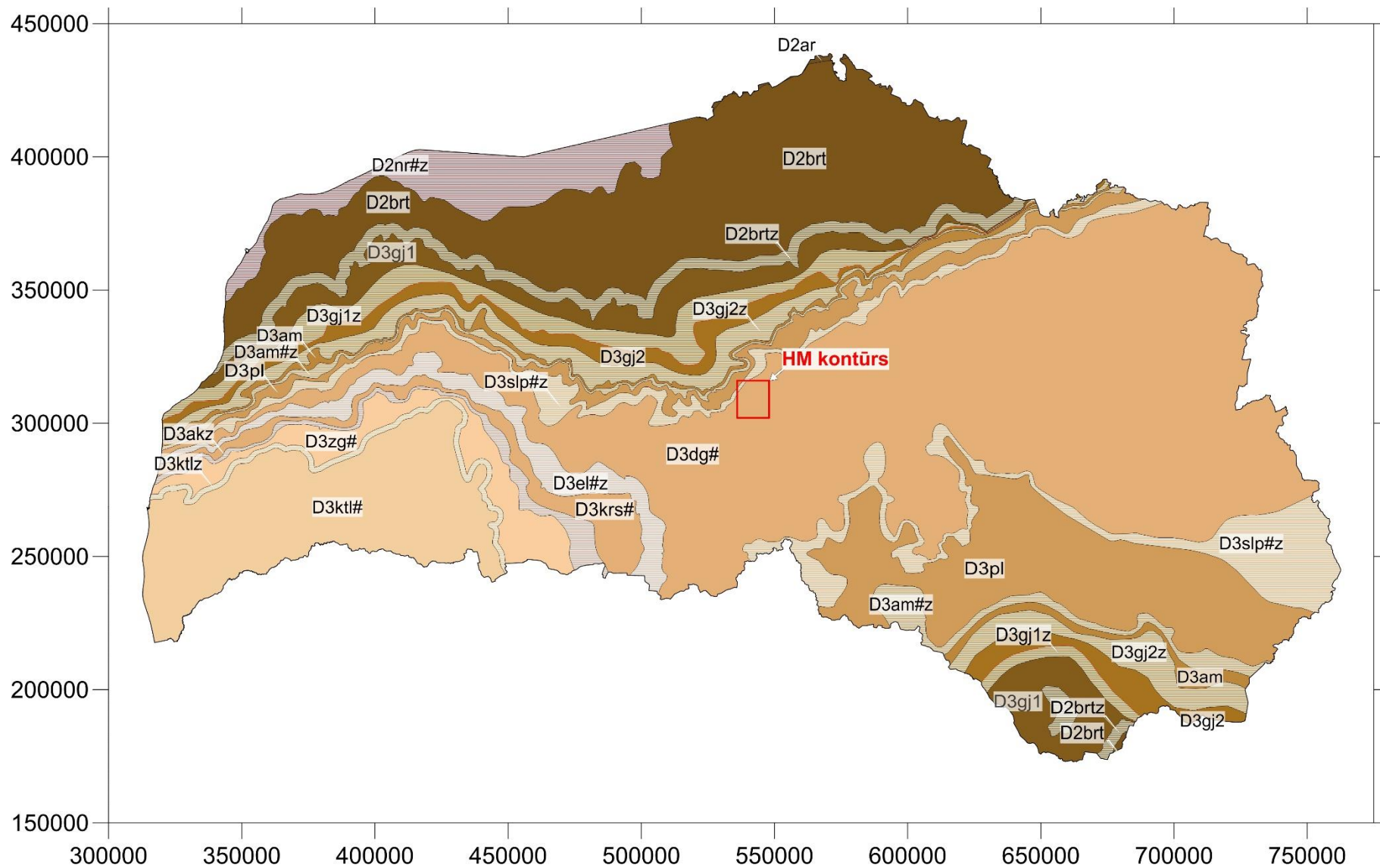
No of HM plane		Name of layer	Geological code	HM plane code
1.		Relief	relh	relh
2.		Aeration zone	aer	aer
3.		Unconfined Quaternary	Q4-3	Q2
4.		Upper moraine	gQ3	gQ2z
5.		Confined Quaternary or Jura	Q1-3 J	Q1#
6.		Lower moraine or Triass	gQ1-3 T	gQ1#z
7.		Perma Karbons Skerveles Ketleru	P2 C1 D3šk D3ktl	D3ktl#
8.		Ketleru	D3ktl	D3ktlz
9.		Zagares Svetes Tervetes Muru	D3žg D3sv D3tr D3mr	D3zg#
10.		Akmenes	D3ak	D3akz
11.		Akmenes Kursas Jonisku	D3ak D3krs D3jn	D3krs#
12.		Elejas Amulas	D3el D3aml	D3el#z
13.		Stipinu Katlesu Ogres Daugavas	D3stp D3ktl D3og D3dg	D3dg#
14.		Daugavas Salaspils	D3dg D3slp	D3slp#z
15.		Plavinu	D3pl	D3pl
16.		Plavinu Amatas	D3pl D3am	D3am#z
17.		Amatas	D3am	D3am
18.		Upper Gauja	D3gj2	D3gj2z
19.		Upper Gauja	D3gj2	D3gj2
20.		Lower Gauja	D3gj1	D3gj1z
21.		Lower Gauja	D3gj1	D3gj1
22.		Burtnieku	D2brt	D2brtz
23.		Burtnieku	D2brt	D2brt
24.		Arikula	D2ar	D2arz
25.		Arikula	D2ar	D2ar
26.		Narvas Narvas	D2nr2 D2nr1	D2nr#z
27.		Pernavas	D2prn	D2pr



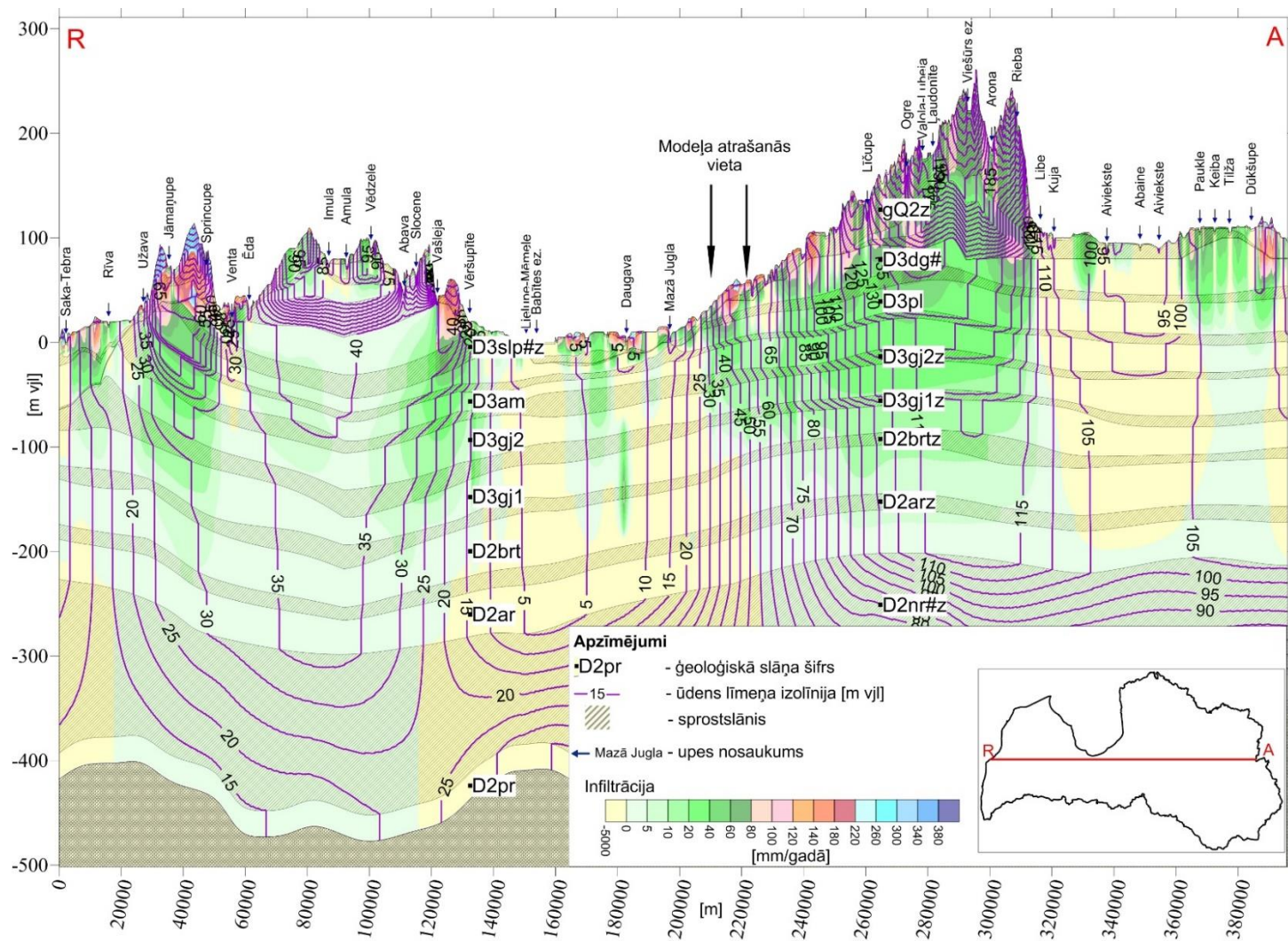
- aquitard

-united aquifer; #z – united aquitard

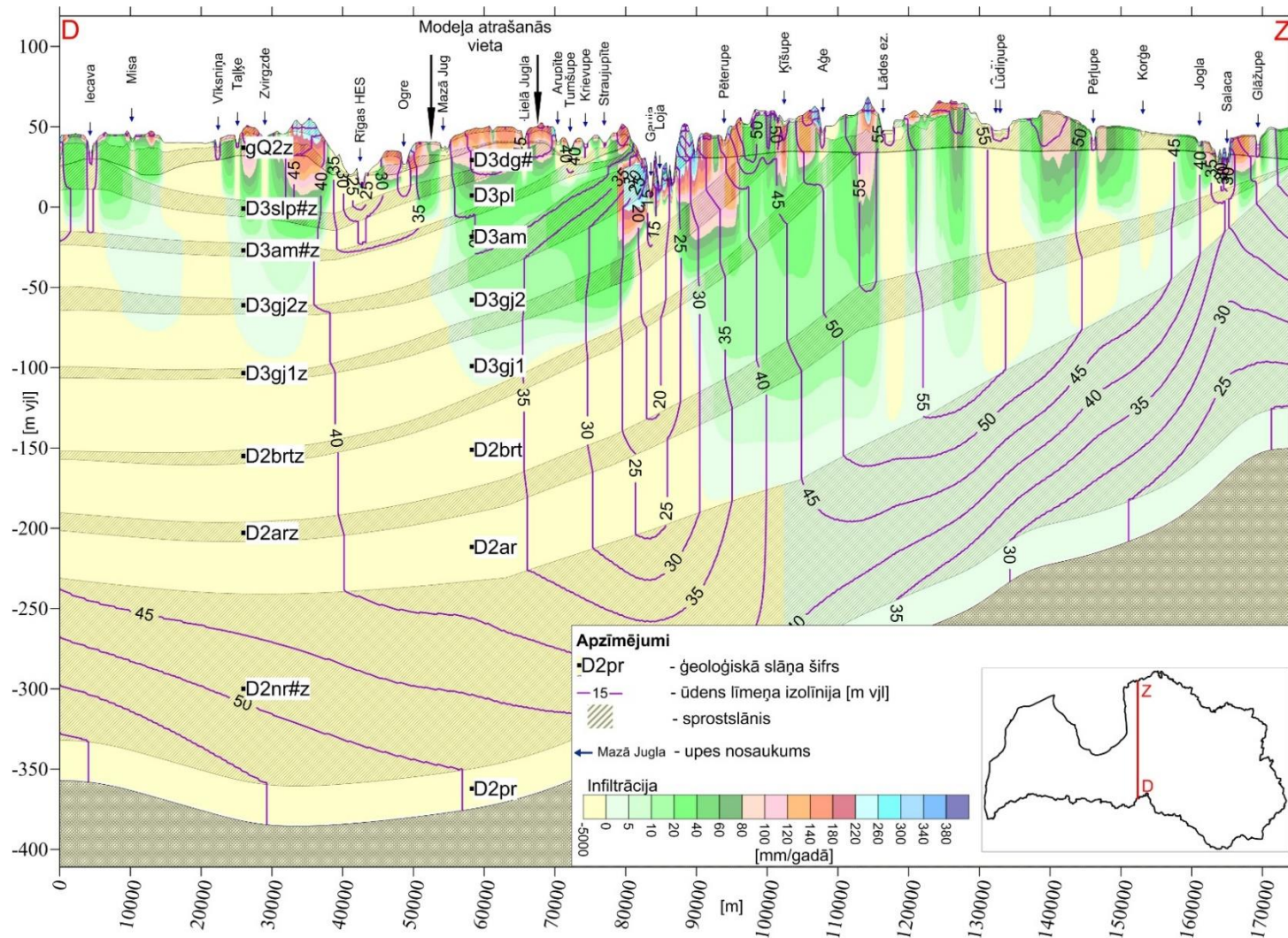
1.5a. att. LAMO4 izmantotā ģeoloģisko slāņu vertikālā shematizācija [20]



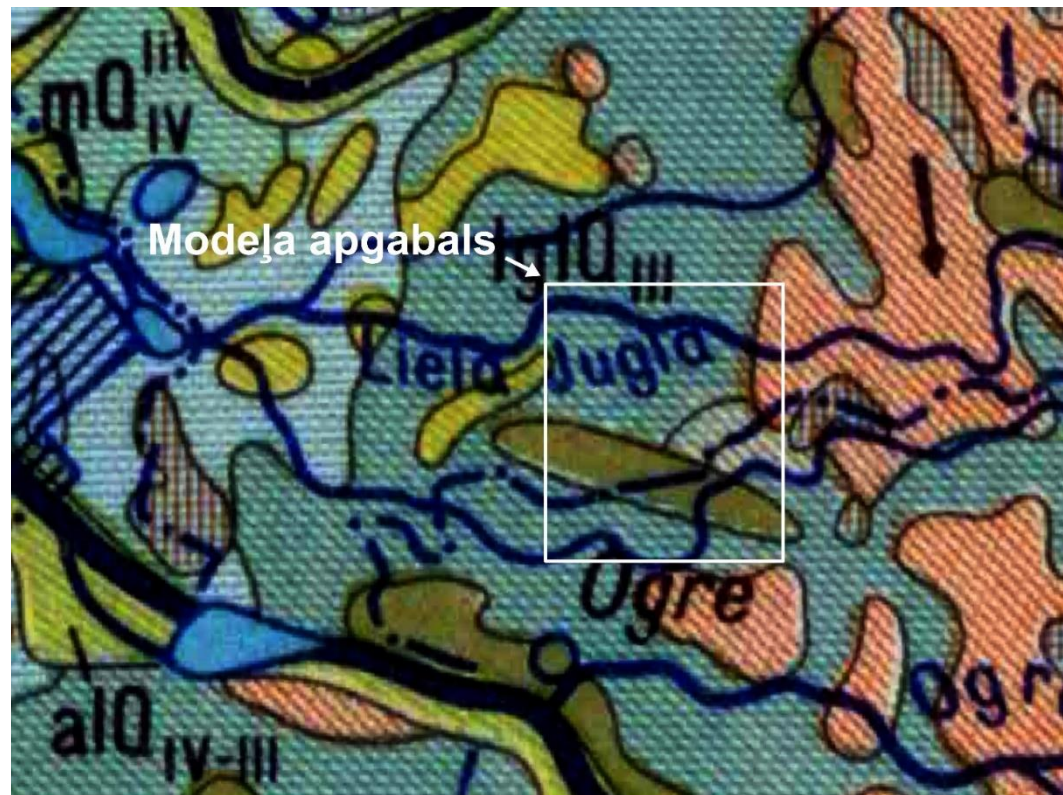
1.6a. att. Latvijas pamatiežu ģeoloģisko robežu karte ar iezīmētu lokālā HM kontūru [20]



1.7a. att. Reģionālais griezum R-A ar iezīmētu lokālā HM atrašanās vietu. Parādītas pazemes ūdens līmeņa izolīnijas un infiltrācija, iegūts apstrādājot LAMO4 datus ar VMC programmatūru [19]

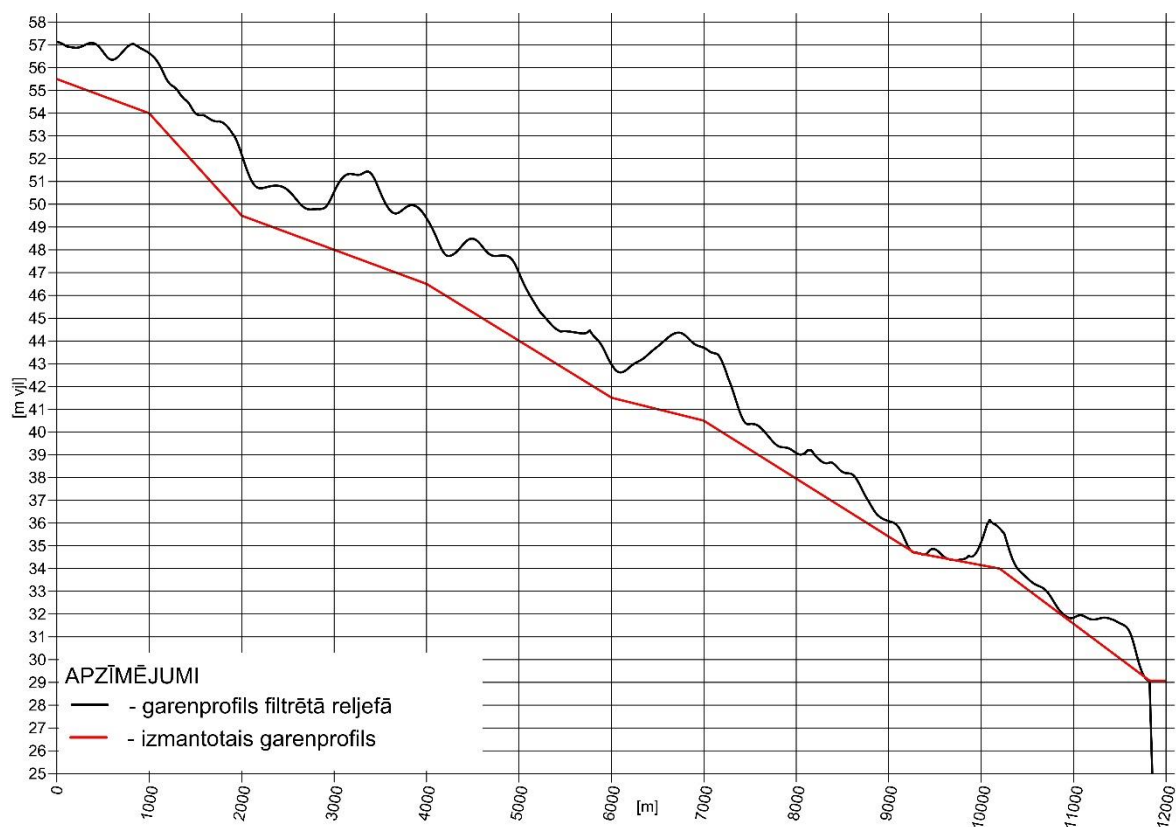


1.8a. att. Reģionālais griezum D-Z ar iezīmētu lokālā HM atrašanās vietu. Parādītas pazemes ūdens līmeņa izolīnijas un infiltrācija, iegūts apstrādājot LAMO4 datus ar VMC programmatūru [19]

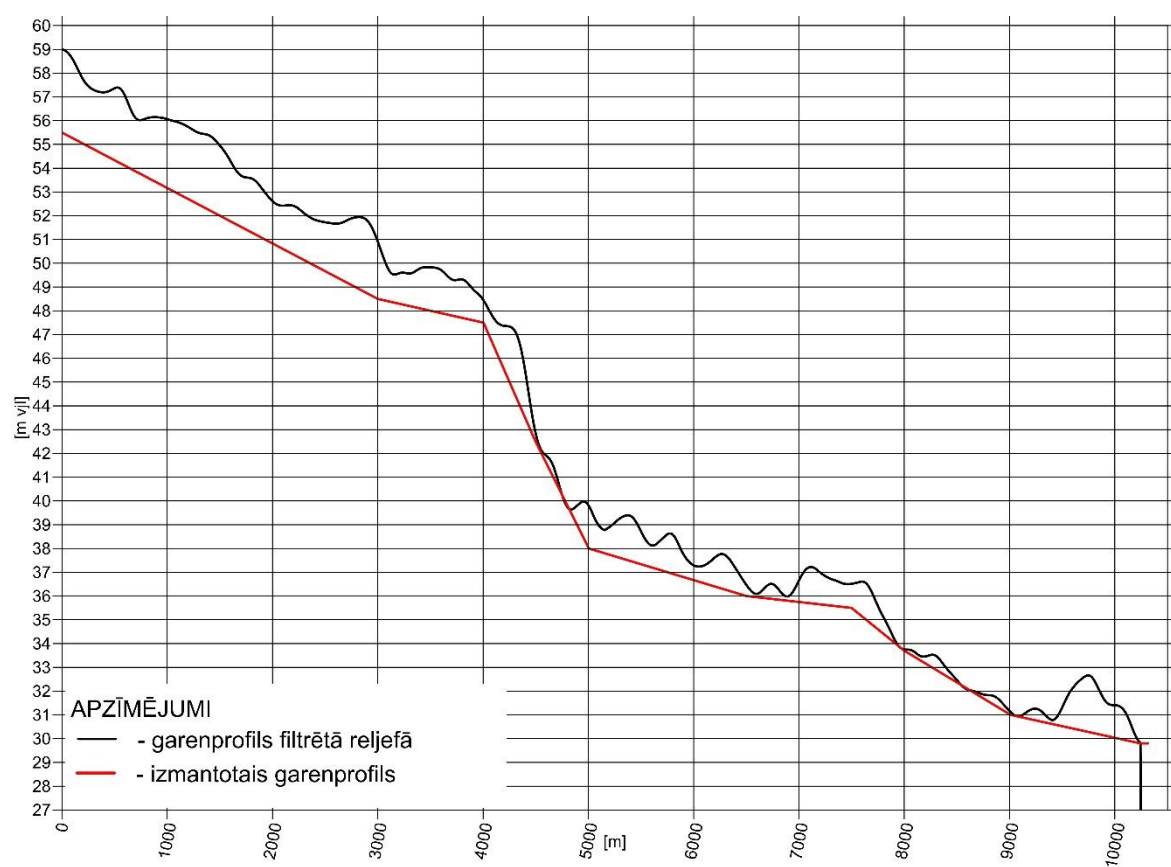


IglQ ^b _{III}	Augšpleistocēna Baltijas ledus ezera nogulumi. Aleirīti, smilts, retāk māls
IglQ _{III}	Augšpleistocēna limnoglaciālie nogulumi. Māls, aleirīti, smilts
IglQ _{III}	Augšpleistocēna fluvioglaciālie nogulumi. Smilts, grants, oļi
glQ _{III}	Augšpleistocēna glacigēnie (morēnas) nogulumi. Morēnas mālsmilts un smilsmāls

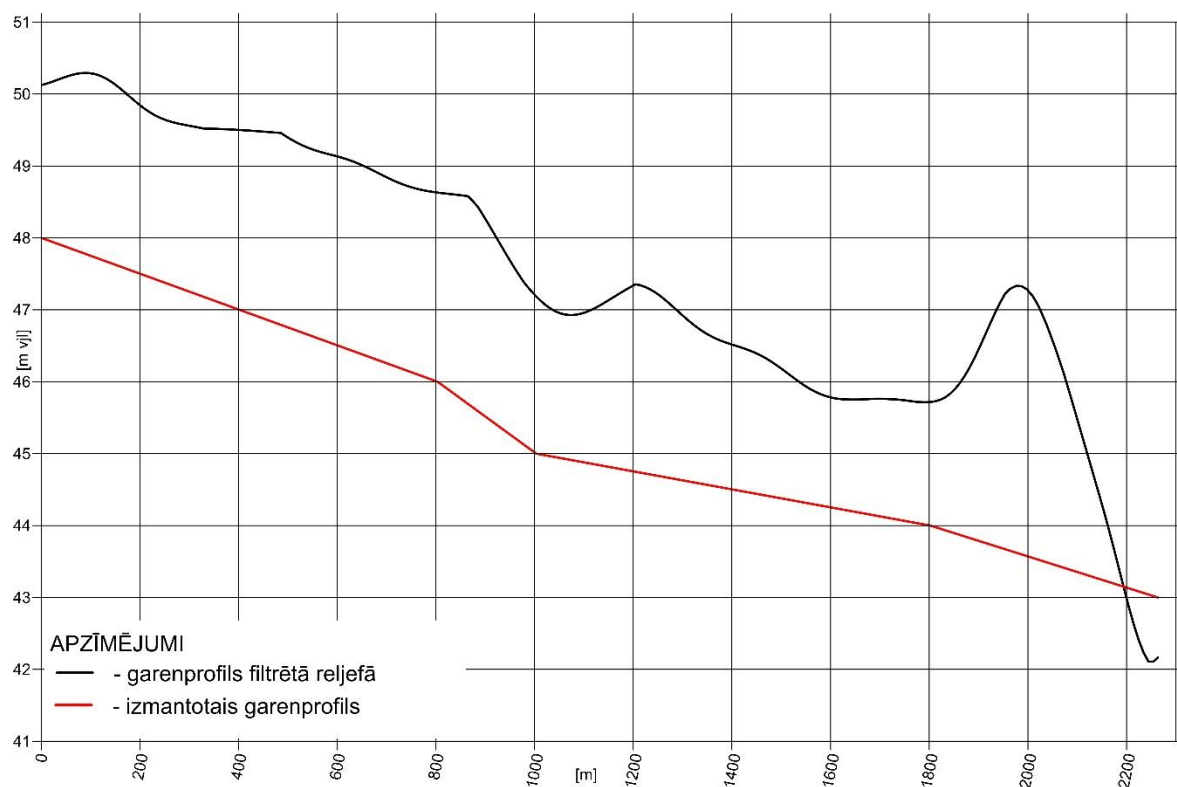
1.9a. att. Kvartāra ģeoloģisko nogulumu karte ar iezīmētu modeļa apgabalu [12]



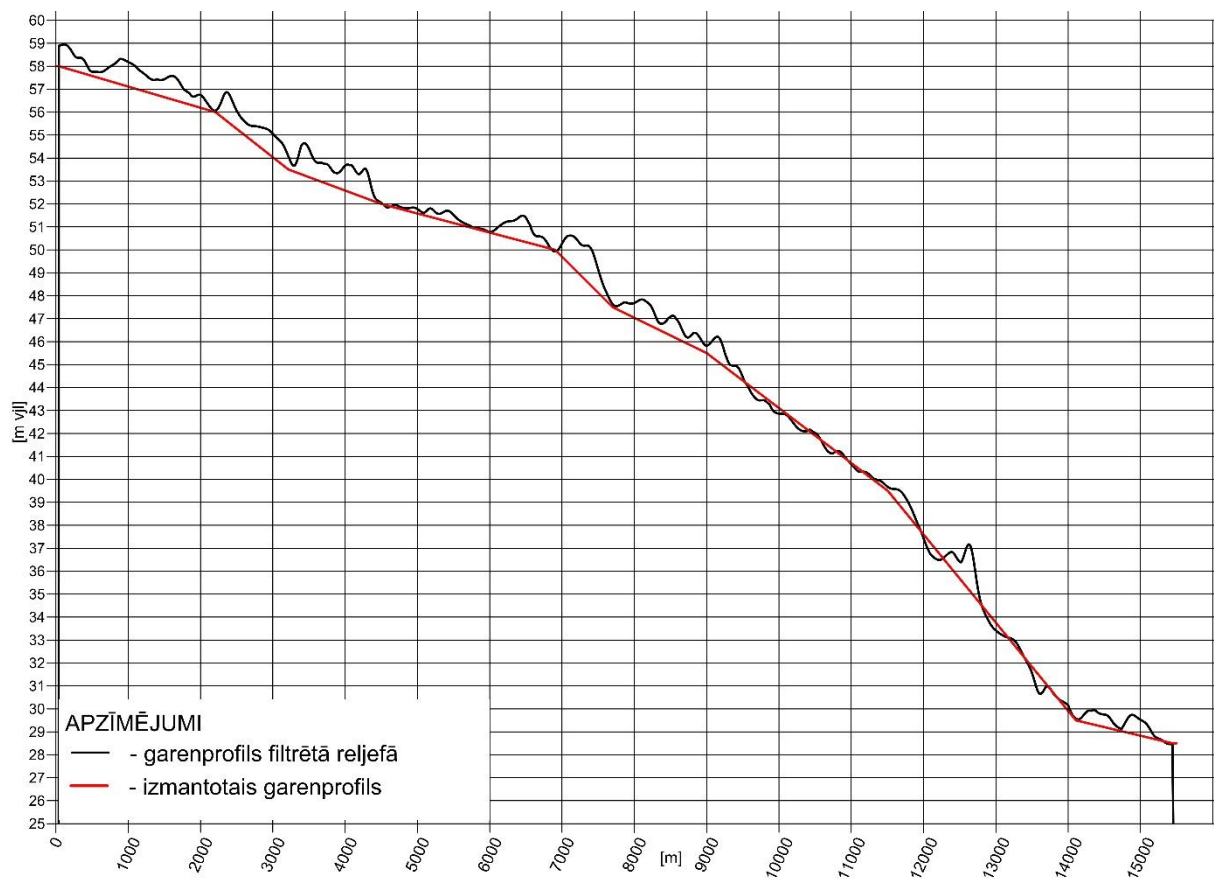
2.1a. att. Lēģerurgas (U1) ūdens līmeņa profils



2.2a. att. Pietenupes (U2) ūdens līmeņa profils



2.3a. att. Vāverkroga novadgrāvja (U3) ūdens līmeņa profils



2.4a. att. Lielās Juglas upes (U4) ūdens līmeņa profils



2.5a. att. Mazās Juglas upes (U5) ūdens līmeņa profils