

**Rīgas Tehniskā universitāte
VIDES MODELĒŠANAS
CENTRS**

**Pazemes ūdens līmeņa pazemināšanas
hidroģeoloģiskā modelēšana dolomīta atradnes
“Rīteri” iecirknim “Koknese”, Kokneses novadā**

Pārskats

Rīga – janvāris, 2021

Pazemes ūdens līmeņa pazemināšanas hidroģeoloģiskā modelēšana dolomīta atradnes “Rīteri” iecirknim “Koknese”, Kokneses novadā

Pārskatā iekļauti rezultāti, kas iegūti Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes Vides modelēšanas centrā, īstenojot 2021. gada 8. janvārī noslēgto līgumu starp SIA “Zemes puse” un Rīgas Tehnisko universitāti.

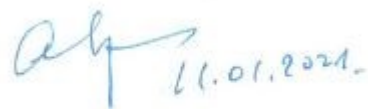
Darba mērķis bija noteikt dolomīta atradnes “Rīteri” iecirknim “Koknese” pazemes ūdens līmeņa pazeminājumu un mijiedarbību ar atradnēm “Grotāni” un “Jaunsmilktiņas-1”.

Pārskatā ir 21 lpp., kas satur 11 lpp. teksta un 10 attēlus.

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>

Handwritten signature in blue ink, followed by the date 11.01.2021.

RTU, VMC direktors
A. Spalviņš

Saturs

1. Ievads	3
2. Hidroģeoloģisko apstākļu novērtējums	3
3. Dolomīta atradnes depresijas piltuves aprēķina metodika	4
4. Dolomīta atradņu depresijas piltuvju un karjeru pazemes ūdens pieteces aprēķinu rezultāti	5
5. Lokālā hidroģeoloģiskā modeļa apraksts	8
6. Secinājumi	10
7. Izmantotie informācijas avoti	10

Attēli

1. att. Hidroģeoloģiskā modeļa novietojums
2. att. Dolomīta atradņu izvietojums hidroģeoloģiskajā modelī
3. att. Aerācijas zonas aer biezuma [m] izolīniju karte
4. att. Kvartāra smilšu horizonta Q2 biezuma [m] izolīniju karte
5. att. Kvartāra morēnas gQ2z biezuma [m] izolīniju karte
6. att. Netraucētā pazemes ūdens līmeņa $\varphi_{D3dg\#}$ [m vjl] izolīniju karte horizontā D3dg#
7. att. Depresijas piltuves s [m] izolīniju karte horizontā D3dg#, ja atradnē “Koknese” pazemes ūdens līmeņa pazeminājums ir 9m
8. att. Depresijas piltuves s [m] izolīniju karte horizontā D3dg#, ja atradnē “Grotāni” pazemes ūdens līmeņa pazeminājums ir 10.5m
9. att. Depresijas piltuves s [m] izolīniju karte horizontā D3dg#, ja atradnē “Jaunsmilktiņas-1” pazemes ūdens līmeņa pazeminājums ir 3m
10. att. Depresijas piltuves s [m] izolīniju karte horizontā D3dg#, ja vienlaicīgi darbojas atradnes “Koknese”, “Grotāni” un “Jaunsmilktiņas-1”

Tekstā bieži izmantotie saīsinājumi un mērvienības

Saīsinājumi

RTU	Rīgas Tehniskā universitāte
VMC	Vides modelēšanas centrs
HM	Hidroģeoloģiskais modelis
GV	Programmatūra Groundwater Vistas
LAMO4	Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa ceturrtā versija

Saīsinājumi	Saīsinājuma nosaukums	Mērvienība
δ	Ģeoloģiskā slāņa biezums	m
t	Laiks	dnn
k	Ģeoloģiskā slāņa filtrācijas koeficients	m/dnn
T	Ģeoloģiskā slāņa ūdens vadāmība	m ² /dnn
q	Ūdens plūsma	m ³ /dnn
φ, ψ	Aprēķinātais, fiksētais pazemes ūdens līmenis	m vjl
S, s	Pazemes ūdens līmeņa pazeminājums atradnē, depresijas piltuvē	m
l, R	Attālums, atradnes rādiuss	m
L	Laukums	m ² , km ² , ha

1. Ievads

Pārskatā iekļauti materiāli par depresijas piltuves aprēķinu dolomītu atradnes “Rīteri” iecirknim “Koknese”, kas atrodas Kokneses pagastā Kokneses novadā. Pārskatā lietots nosaukums atradne “Koknese”.

Aprēķins veikts Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) Vides modelēšanas centrā (VMC). Pētījumā īstenots darba uzdevums [1] līgumam starp SIA “Zemes puse” un RTU. Novērtēta arī atradnes “Koknese” mijiedarbība ar tuvākās apkārtnes dolomīta atradnēm “Grotāni” un “Jaunsmilktiņas-1”.

Aprēķini veikti, izmantojot lokālo hidroģeoloģisko modeli (HM). Modelis īstenots programmatūras Groundwater Vistas (GV) vidē [2].

Modelēšanas sākuma datu apstrādei un rezultātu vizualizēšanai izmantota programmatūra SURFER-13 [3].

Lokālā HM izveidošanai izmantoti Latvijas HM LAMO4 reģionālie dati [4], kas papildināti ar hidroģeoloģisko informāciju, kas iegūta no materiāliem [5, 6, 7, 8].

Kartogrāfiskā pamatne modelēšanas rezultātu vizualizācijai ir Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras topogrāfiskā karte, mērogs 1:50000 [9].

2. Hidroģeoloģisko apstākļu novērtējums

Lokālā HM laukums $L=8000\text{m}\times 9000\text{m}=72\text{ km}^2=7200\text{ ha}$. Modeļa novietojums skatāms 1. att. Modeļa apgabala Dienvidu mala un tā DR stūris atrodas Pļaviņu HES ūdenskrāruvē.

Dolomīta atradnes “Koknese” un “Grotāni” ir tuvu Urgu ūdenskrātuvei (skat. 2. att.), kas ir applūdis dziļš dolomīta atradnes karjers [5].

Atradnes “Jaunsmilktiņas-1” apgabala forma atbilst tās izmantošanas otrajam etapam [6].

Simboli A1, A2 un A3 kartēs un tabulās izmantoti kā atradņu “Koknese”, “Grotāni” un “Jaunsmilktiņas-1” apzīmējumi un kā to karjeru centru vietas.

Hidroģeoloģiskos apstākļus izpētes apgabalā imitē lokālā HM septiņi slāņi, kuru reģionālie dati iegūti no LAMO4 (par HM uzbūvi skat. 5. iedaļu):

1. zemes virsmas reljefs rel kā fiksēta robežnoteikumu karte ψ_{rel} [m vjl]; no 2. att. var spriest, ka reljefa virsmas augstums izpētes apgabalā ir ļoti mainīgs (no 71.8 m vjl Daugavas krastā līdz 120.7 m vjl);
2. aerācijas zona aer kā sprosslānis; augstienēs tā biežums $\delta_{aer} > 17\text{ m}$ (skat. 3. att.);
3. Kwartāra smilšu ūdens horizonts Q2; atradnēs A1, A2, A3 tā biežums δ_{Q2} ir $1\text{ m} < \delta_{Q2} < 2\text{ m}$ (skat. 4. att.);
4. Kwartāra morēna gQ2z; tās biežums δ_{gQ2z} augstienēs ir no 8 m līdz 22 m (skat. 5. att.); atradnēs A1 un A2 $\delta_{gQ2z} < 1\text{ m}$;
5. Daugavas ūdens horizonts D3dg#, kurā notiek dolomīta ieguve; tā biežums $\delta_{D3dg\#}=11.0\text{ m}$;
6. sprosslānis D3slp#z; tā biežums $\delta_{D3slp\#}=11.0\text{ m}$;
7. Pļaviņu ūdens horizonta D3pl ūdens līmeņa sadalījums ψ_{D3pl} kā fiksēts robežnoteikums.

Ar lokālo HM aprēķinātais netraucētais (nedarbojas dolomīta atradnes) pazemes ūdens līmeņa sadalījums $\varphi_{D3dg\#}$ [m vjl] ūdens horizontam D3dg# skatāms 6. att. Horizontā fiksēti šādi robežnoteikumi:

- Pļaviņu HES ūdenskrātuve (Daugavas upe) un Urgu ūdenskrātuve modelētas kā ezeri ar līmeni $\psi_{ezeri} = 71.5$ m vjl;
- Rīterupītes beigu posms un novadgrāvis, kas savieno atradni “Jaunsmilktiņas” ar Daugavu, ir modelēti kā upes ar uzdotiem ūdens līmeņu profiliem ψ_{upes} ;
- uz horizonta robežas dots robežnoteikums $\psi_{robeža}$.

Minētie hidrogrāfiskā tīkla elementi ir ūdensobjekti: U1 – Daugavas upe; U2 – Urgu ūdenskrātuve; U3 – Rīterupītes beigu posms un U4 – novadgrāvis.

Izolīniju raksturs 6. att. norāda, ka DR virzienā vērsta pazemes ūdens plūsma nonāk Daugavas upē un Urgu ūdenskrātuvē. Šo plūsmu raksturo tās gradients. Tas ir ~ 0.006 pie Urgu ūdenskrātuves un ir daudz mazāks (~ 0.0007) pie Daugavas upes HM DR stūrī. Vidējais plūsmas gradients ~ 0.0026 .

Kā praktiski nerealizējamu nav mēģināts iegūt tādu rezultātu $\varphi_{D3dg\#}$, kas atkārtotu urbumos izmērītos pazemes ūdens līmeņus. Tie ir doti materiālos [5, 6, 7, 8]. Mērījumu dati ir pretrunīgi, jo tie iegūti atšķirīgos apstākļos.

Izpētes apgabalā pazemes ūdens līmeņa sezonālās izmaiņas sasniedz ~ 3 m [6], bet Pļaviņu HES ūdenskrātuves novērotās līmeņa svārstības ir 2.5 m (no 69.5 m vjl līdz 72.0 m vjl [5]).

3. Dolomīta atradnes depresijas piltuves aprēķina metodika

Atradnes A depresijas piltuves pazeminājuma sadalījumu s_A (turpmāk, depresijas piltuve) parasti iegūst kā divu pazemes ūdens līmeņu sadalījumu starpību:

$$s_A = \varphi_N - \varphi_A , \quad (1)$$

kur φ_N un φ_A ir netraucētā un izmainītā (atradne A darbojas) ūdens līmeņu sadalījumi. Jāaprēķina arī pazemes ūdens pietece q_A nosusinātajā atradnes karjerā, kas atbilst no tā atsūkņētā ūdens apjomam.

Lai iegūtu atrisinājumu φ_A , kas imitē atradnes karjera nosusināšanu, atradnes A laukumā ir jāsamazina pazemes ūdens līmenis par lielumu S_A :

$$S_A = \varphi_{NA} - z_A , \quad (2)$$

kur φ_{NA} ir vidējais netraucētais pazemes ūdens līmenis atradnes laukumā; z_A ir atradnes karjera pamatnes augstums.

Ja izmanto parasto depresijas piltuves aprēķināšanas metodiku, ir nepieciešams aprēķināt netraucēto φ_N un izmainīto φ_A pazemes ūdens līmeņa sadalījumu. Ja nav nepieciešama vai arī nav informācijas par minētajiem sadalījumiem, tad depresijas piltuves aprēķinu, izmantojot modificētu HM režīmu, var īstenot šādi:

1. visus lokālā HM robežnoteikumus (ψ_{rel} , ψ_{D3pl} , ψ_{ezeri} , ψ_{upes} , $\psi_{robeža}$) aizvieto ar nulles vērtību $\psi = 0$;
2. atradnes laukumā realizē robežnoteikumu $\psi_A = S_A$;
3. ar lokālo HM aprēķina depresijas piltuves pazeminājuma sadalījumu s_A , kas atbilst ar parasto metodi iegūtajam rezultātam.

Izmantojot HM darbības apraksta matricu pieraksta formu, parasto un modificēto depresijas piltuves aprēķinu var skaidrot uzskatāmāk.

Izmantojot parasto HM režīmu, pazemes ūdens līmeņu sadalījuma vektorus (φ_N un φ_A) jāatrod divas reizes kā vienādojumu sistēmas atrisinājumu φ :

$$A \varphi = - G \psi, \quad (3)$$

kur A ir ģeoloģiskās vides vadāmības matrica; G ir matrica, kuras elementi piesaista modelim fiksēto robežnoteikumu vektora ψ elementus.

Izmantojot modificēto HM režīmu, atrod depresijas piltuves pazeminājuma sadalījuma vektoru s :

$$A s = - G \psi_A, \quad \psi_A = S_A, \quad \psi = 0, \quad (4)$$

kur $\psi_A = S_A$ ir fiksēto robežnoteikumu vektors atradnes A laukumā; sistēmas (3) robežnoteikumi $\psi = 0$.

Depresijas piltuves (7., 8., 9. un 10. att.) ir aprēķinātas, izmantojot modificēto HM režīmu.

4. Dolomīta atradņu depresijas piltuvju un karjeru pazemes ūdens pieteces aprēķinu rezultāti

Atradņu depresijas piltuves aprēķinātas, izmantojot modificēto HM režīmu sistēmā (4). Karjeru pieteces q aprēķinātas, pielietojot GV rīku "Mass balance" [2].

Lai aprēķinātu depresijas piltuvi, jānosaka pazemes ūdens līmeņa pazeminājums S atradnes pilnā laukumā un dziļumā. Atradnēm A1 un A2 vidējais netraucētais līmenis $\varphi_{NA} = 72.5$ m vjl [8], bet atradnei A3 - $\varphi_{NA} = 75.0$ m vjl [6]. Karjeru pamatnes augstums atradnēs A1 un A2 ir $z=63.5$ m vjl un $z=62.0$ m vjl [8], bet atradnē A3 $z=72.0$ m vjl [6]. Izmantojot formulu (2), iegūst atradņu pazeminājumus $S_{A1} = 9.0$ m, $S_{A2} = 10.5$ m un $S_{A3} = 3.0$ m.

Pielietojot pazeminājumu S kā robežnoteikumu $\psi_A = S_A$ sistēmā (4), iegūst depresiju piltuves, ja darbojas tikai viena atradne (7., 8., 9. att.) un , ja atradnes darbojas vienlaicīgi (10. att.).

No depresijas piltuvju izolīniju rakstura 7. att. un 8. att. var konstatēt, ka atradņu "Koknese" un "Grotāni" depresiju piltuves ir izteikti nesimetriskas, galvenokārt, Uргу ūdenskrātuves ietekmes dēļ. Atradnei "Jaunsmilktiņas-1" piltuves formu ietekmē Daugavas upe (9. att.).

Skaitliskie dati, kas raksturo atradņu depresijas piltuves un karjeru pieteces, ir apkopoti 1. tabulā. Atradņu datu grupā iekļautas karjeru pieteces q un q_v , kad darbojas tikai viena atradne un visas atradnes vienlaicīgi. Ja atradnes darbojas vienlaicīgi, karjeru pietece q_v samazinās, salīdzinot ar gadījumu, kad darbojas tikai viena atradne. Atradņu mijiedarbības dēļ, karjeru kopīgā pietece samazinās ~ 1.4 reizes ($146030 \text{ m}^3/\text{dnn} \rightarrow 110791 \text{ m}^3/\text{dnn}$).

Atradnē "Jaunsmilktiņas-1" pazemes ūdens līmeni 72.0 m vjl nodrošinās ūdens paštece uz Daugavas upi novadgrāvī U4. Dolomīta ieguve zem minētā ūdens līmeņa tiks realizēta bez dolomīta drupināšanas, izmantojot ekskavatoru [6]. Šīs atradnes aprēķinātā karjera pietece q imitē ūdens pašteci novadgrāvī.

Atradņu ietekmes datu grupā dots novērtējums, kas iegūts, izmantojot depresijas piltuvju informāciju. Piemēram, lai iegūtu atradnes "Koknese" ietekmes novērtējumu uz kaimiņu atradnēm "Grotāni" un "Jaunsmilktiņas-1", izmanto depresijas piltuves (7. att.) datus: $S_{A1} = 9.0\text{m} \rightarrow 100\%$, kaimiņu atradņu centros A2 un A3 $s_{A2} = 4.3\text{m} \rightarrow 48.7\%$ un $s_{A3} = 1.79\text{m} \rightarrow 19.9\%$.

Analizējot 1. tabulas atradņu ietekmes novērtējumus, var secināt, ka atradne “Jaunsmilktiņas -1” nenozīmīgi ietekmē atradnes “Koknese” un “Grotāni” (13.6% un 4.7%). Atradnes “Koknese” un “Grotāni” ir cieši saistītas (48.7% un 61.7%).

1. tabula

Atradņu ietekmes novērtējums un to dati.

Nr.	Atradnes nosaukums un HM kods		Atradnes ietekme [%]			Atradnes dati				
			A1	A2	A3	z [m vjl]	S [m]	q [m ³ /dnn]	q_v [m ³ /dnn]	q/q_v
1.	Koknese	A1	100	48.7	19.9	63.5	9.0	71011	38810	1.83
2.	Grotāni	A2	61.7	100	8.3	62.0	10.5	114310	96220	1.19
3.	Jaun-smilktiņas-1	A3	13.6	4.7	100	72.0	3.0	20371	11000	1.85
Kopā								205692	146030	1.41

z – atradnes karjera pamatnes augstums [m vjl]; S – pazeminājums atradnes laukumā;

q – pazemes ūdens pietece atradnes karjerā [m³/dnn], ja darbojas viena atradne;

q_v – pazemes ūdens pietece atradnes karjerā [m³/dnn], ja visas atradnes darbojas vienlaicīgi;

Izmantojot GV rīku “Mass balance” , ir aprēķinātas pazemes avotu plūsmas, kas veido atradnes karjera pieteci. Aprēķina rezultāti apkopoti 2. tabulā.

2. tabula

Pazemes avota plūsmas daļa [%] atradņu karjeru pietecēs

Nr.	Atradnes nosaukums	Pazemes avota plūsmas daļa [%] karjera pietecē							Pietece [m ³ /dnn]
		U1	U2	U3	U4	$q_{robeža}$	q_{aer}	q_{D3pl}	q
1.	Koknese	18.8	54.0	11.6	1.6	9.4	4.5	0.1	71011
2.	Grotāni	6.1	80.1	8.2	0.4	3.5	1.6	0.1	114310
3.	Jaun-smilktiņas-1	52.5	9.9	2.1	13.2	14.1	7.6	0.6	20371
4.	Atradnes vienlaicīgi	13.2	67.9	8.1	2.0	5.9	2.8	0.1	146030

U1 – Daugavas upe; U2 - Uргу ūdenskrātuve; U3 - Rīterupīte; U4 - novadgrāvis no atradnes Jaunsmilktiņas-1; $q_{robeža}$ - plūsma caur horizonta D3dg# robežu; q_{aer} - plūsma caur aerācijas zonu ; q_{D3pl} - plūsma no D3pl horizonta; q - karjera pietece.

Atradnēm “Koknese” un “Grotāni” galveno pazemes pieteces daļu nodrošina Urgu ūdenskrātuve (54.0% un 80.1%), bet atradnei “Jaunsmilktīņas-1” Daugavas upe (52.5%).

Vislielākās novirzes no parastā pazemes ūdens avotu plūsmu sadalījuma q_{aer} un $q_{robeža}$ ir atradnei “Grotāni”, kurai depresijas piltuves laukums ir mazāks nekā atradnei “Koknese” (skat. 7. att. un 8. att.), bet $S_{A2} > S_{A1}$ (10.5m > 9.0m).

Ja atradnes darbojas vienlaicīgi, 67.9% no pazemes ūdens pieteces karjeros dod Urgu ūdenskrātuve. Plūsma q_{D3pl} no Pļaviņu horizonta D3pl ir niecīga visos gadījumos.

Atradnē “Koknese” karjera pazemes pieteci q prognozē izteiksme [10]:

$$q = 2 \pi T S / c, \quad c = \ln(2 l / R_{ekv}), \quad T = \delta k, \quad (5)$$

kur $T = 11 \times 150 = 1650 \text{ m}^2/\text{dnn}$ ir Daugavas horizonta D3dg# ūdens vadāmība; $S = 9\text{m}$ ir ūdens līmeņa pazeminājums atradnes laukumā; $l = 460\text{m}$ ir attālums no atradnes centra A1 līdz Urgu ūdenskrātuvei; $R_{ekv} = 246\text{m}$ ir atradnes ekvivalentais rādiuss:

$$R_{ekv} = (L/\pi)^{0.5} = (190.2 \times 10^3 / \pi)^{0.5} = 246\text{m}, \quad c = 1.31. \quad (6)$$

Ievietojot šos parametrus izteiksmē (5), iegūst pieteci $q = 70363 \text{ m}^3/\text{dnn}$, kas praktiski sakrīt ar rezultātu $q = 71011 \text{ m}^3/\text{dnn}$, kuru dod HM.

Izteiksme (5) prognozē, ka pietece q un depresijas piltuves pazeminājums s ir proporcionāli pazeminājumam S atradnes karjerā.

Var aprēķināt, kā izmainīsies plūsmu attiecība $P_N = q_N / q$, ja atradnē “Koknese” dolomītu ieguves laukums ir samazināts N reizes, $L_N = N \times L$, kur $N < 1$:

$$P_N = c / (c - 0.5 \ln N), \quad c = 1.31. \quad (7)$$

Attiecības P_N atkarība no atradnes ieguves laukuma samazinājuma N apkopota 3. tabulā.

3. tabula

Attiecības P_N [reizes] atkarība no atradnes ieguves laukuma samazinājuma N

Koknese	P_N	1.0	0.92	0.74	0.62	0.53
$L_N = N \times L$	N	1.0	0.80	0.40	0.20	0.10

No 3. tabulas datiem var secināt, ka atradnes dolomīta ieguves laukuma samazināšanai neatbilst tai proporcionāls pazemes ūdens pieteces samazinājums. Piemēram, pietece samazinās tikai par 47%, ja ieguves laukums ir 10 reizes mazāks par atradnes platību.

Atmosfēras nokrišņi izpētes apgabalā ir 804 mm/gadā; izgaro 494 mm/gadā [11]. Tāpēc karjera laukumā $L = 190.2 \times 10^3 \text{ m}^2$ nolīst 310 mm/gadā, kas dod papildus pieteci $\sim 160 \text{ m}^3/\text{dnn}$, kas ir nenozīmīgi, salīdzinot ar atradnes karjera pazemes pieteces plūsmu $q = 71011 \text{ m}^3/\text{dnn}$.

Ja atradnes “Koknese” apkārtņē nebūtu Urgu ūdenskrātuves un Daugavas upes, tad izteiksmē (5), $c = \ln(4000/246) = 2.79$ un $q = 33441 \text{ m}^3/\text{dnn} < 71011 \text{ m}^3/\text{dnn}$. Minēto ūdensobjektu tuvums ~ 2.1 reizes palielina atradnes karjera pieteci.

Modelēšanas rezultāti raksturo visnelabvēlīgāko atradņu izmantošanas stāvokli: ūdens līmeņa pazeminājums visā atradnes laukumā un dziļumā, atradnes darbojas ilgstoši bez pārtraukuma. Atradņu reālā darbībā šāds režīms ir maz ticams, jo dolomīta ieguve parasti notiek pakāpeniski, palielinot karjeru dziļumu; ieguve nenotiek visu gadu, jo tai ir sezonāls raksturs.

5. Lokālā hidroģeoloģiskā modeļa apraksts

Lokālais HM aprēķina gada vidējos pazemes ūdens līmeņu φ un plūsmu q sadalījumus. Modeļi izmanto arī dolomīta atradņu depresijas piltuvju pazeminājuma sadalījuma s aprēķināšanai.

Lokālā HM vertikālā shematizācija skatāma 4. tabulā.

4. 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	10.0	ψ_{rel} - karte kā robežnoteikums
2.	Aerācijas zona kā sprosts-lānis	aer	0-17.7	10^{-7} - 4×10^{-4}	nepieciešama kalibrācija
3.	Kvartāra ūdens horizonts	Q2	0-6.6	10.0	
4.	Kvartāra morēna	gQ2z	0-23.0	10^{-3}	
5.	Daugavas ūdens horizonts	D3dg#	11.0	150.0	dolomīta karjeru nosusināšana, ūdensobjektu U1-U4 pievienošana
6.	Salaspils sprosts-lānis	D3slp#z	11.0	3×10^{-5}	
7.	Pļaviņu ūdens horizonts	D3pl	0.02	10.0	Ψ_{D3pl} -karte kā robežnoteikums

Lokālajā HM ir septiņi slāņi:

- zemes virsmas reljefa rel ψ_{rel} – karte, kas ir robežnoteikums modeļa augšējai daļai;
- aerācijas zona aer kā sprosts slānis, kas nosaka infiltrācijas plūsmu; tā ievēro nokrišņu un kušanas ūdeņu ietekmi;
- Kwartāra ūdens horizonts Q2;
- Kwartāra morēna gQ2z, kas atdala horizontu Q2 no pamatiežu horizonta D3dg#;
- pamatiežu horizonts D3dg#, kurā atrodas dolomīta ieguves karjeri un kurā iekļauti ūdensobjekti U1-U4, kas ir papildus robežnoteikumi;
- sprosts slānis D3slp#z, kas atdala horizontus D3dg# un D3pl;
- horizonta D3pl pazemes ūdens līmeņu ψ_{D3pl} – karte, kas ir robežnoteikums modeļa apakšējai daļai.

Lokālā HM režģa plaknes aproksimācijas solis ir 10 metri. Mezglu skaits vienā HM slānī ir $800 \times 900 = 72 \times 10^4$. Telpiskajā HM režģī ir $7 \times 72 \times 10^4 = 5.04 \times 10^6$ mezglu.

Izvēlētais plaknes solis 10m nodrošina pietiekami precīzu atradņu karjeru formas un depresijas piltuvju aproksimāciju, īpaši Urgu ūdenskrātuves apkārtnē.

Pirmais un septītais slānis kalpo tikai robežnoteikumu piesaistei modelim. Lai šie slāņi neietekmētu modeļa stratigrāfiju, to biezums ir 0.02 metri.

Kā reģionālu datu avots lokālā HM izveidošanai izmantots Latvijas HM LAMO4 [4]. Lokālais HM un LAMO4 darbojas licenzētas programmatūras Groundwater Vistas 7 [2] vidē. LAMO4 plaknes aproksimācijas solis ir 250 metri.

Lokālā HM reģionālos datus papildina informācija par ūdensobjektiem U1-U4 horizontā D3dg# un par ģeoloģisko slāņu īpašībām (biezums, filtrācijas koeficients).

LAMO4 slāņu biezuma dati (3. att., 4. att., 5. att.) ir nogludināti, izmantojot programmatūru SURFER –13 [3].

Lai iegūtu ticamākus HM rezultātus, bija jāveic modeļa kalibrēšana, izmantojot šādu informāciju par izpētes apgabalu:

- ψ_{rel} un ψ_{D3pl} – kartes kā robežnoteikums modeļa 1. un 7. slānim; abas kartes ņemtas no LAMO4;
- ūdensobjektu U1-U4 dati kā robežnoteikumi horizontā D3dg#; U1 – Daugavas upe ar precizētu labā krasta līniju; U2 – Urgu ūdenskrātuve; U3 – Rīterupītes beigu posms; U4 – novadgrāvis, kas savieno atradni “Jaunsmilktiņas-1” ar Daugavas upi
- precizēts filtrācijas koeficients horizontā D3dg# (izmantots $k=150.0$ m/dnn [5]);
- slāņu aer, Q2, gQ2z, biezumu sadalījumi (3. att., 4. att., 5. att.) iegūti no LAMO4.
- slāņiem D3dg# un D3slp#z izmantots biezums 11.0 m, kura izvēle notika, izmantojot materiālu [5, 6, 7, 8] informāciju.

Modeli kalibrējot, tiek atrasta filtrācijas koeficientu kartes aerācijas zonai aer kā arī sprosts slāņiem gQ2z un D3slp#z. Tās izmantojot, aprēķinātie pazemes ūdens sadalījumi ϕ atbilst vidējai gada hidroģeoloģiskajai situācijai izpētes apgabalā.

Izmantojot lokālo HM, iegūts netraucētais pazemes ūdens līmeņa sadalījums horizontā D3dg#, ja dolomīta atradnes nedarbojas (6. att.).

Dolomīta atradnes depresijas piltuves pazeminājuma sadalījumu s [m] aprēķina, izmantojot modificēto lokālā HM režīmu (skat. 3. iedaļu):

- robežnoteikumiem ψ_{rel} , ψ_{D3pl} (HM 1. un 7. slānis) un horizontā D3dg# ūdensobjektiem U1 – U4 un $\psi_{robežas}$ fiksē $\psi = 0$;
- atradnes laukumā kā robežnoteikumu izmanto pazeminājumu S ;
- aprēķina atradnes depresijas piltuves pazeminājuma sadalījumu s .

Atradnes pieteces un tās avotu noteikšanai izmanto GV rīku “Mass balance”

6. Secinājumi

Izpētes apgabalam ar izmēru 8km×9km ir izveidots lokāls hidroģeoloģiskais modelis, izmantojot Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 reģionālos datus un hidroģeoloģisko informāciju par ūdensobjektiem izpētes apgabalā.

Izmantojot lokālo hidroģeoloģisko modeli, ir iegūts netraucētais (dolomīta atradnes nedarbojas) pazemes ūdens līmeņa sadalījums Daugavas ūdens horizontam D3dg#, kurā notiek dolomīta ieguve.

Dolomīta atradnēm “Koknese” “Grotāni” un “Jaunsmilktiņas-1” aprēķinātas depresijas piltuves un karjeru pazemes ūdens pieteces, ja tās darbojas atsevišķi un arī vienlaicīgi.

Konstatēts, ka starp atradnēm “Koknese” un “Grotāni” ir cieša mijiedarbība (ietekme ~48.7% un 61.7%). bet atradnes “Jaunsmilktiņas-1” ietekme uz atradnēm “Koknese” un “Grotāni” ir nenozīmīga (13.6% un 4.7%).

Atradņu “Koknese” un “Grotāni” depresijas piltuvju forma ir būtiski nesimetriska, galvenokārt, Uргу ūdenskrātuves ietekmes dēļ.

Ja atradnē “Koknese” dolomīta ieguve notiktu nepārtraukti visā atradnes laukumā un dziļumā, tad karjera pietece būtu $71 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{dnn}$. No pieteces 54%, 19% un 9.5% nodrošina Uргу ūdenskrātuve, Daugavas upe un plūsma caur horizonta D3dg# robežu. Pārējo pieteces avotu : meliorācijas grāvju, aerācijas zonas un horizonta D3pl plūsmu kopīgā ietekme 17.5% ir nenozīmīga.

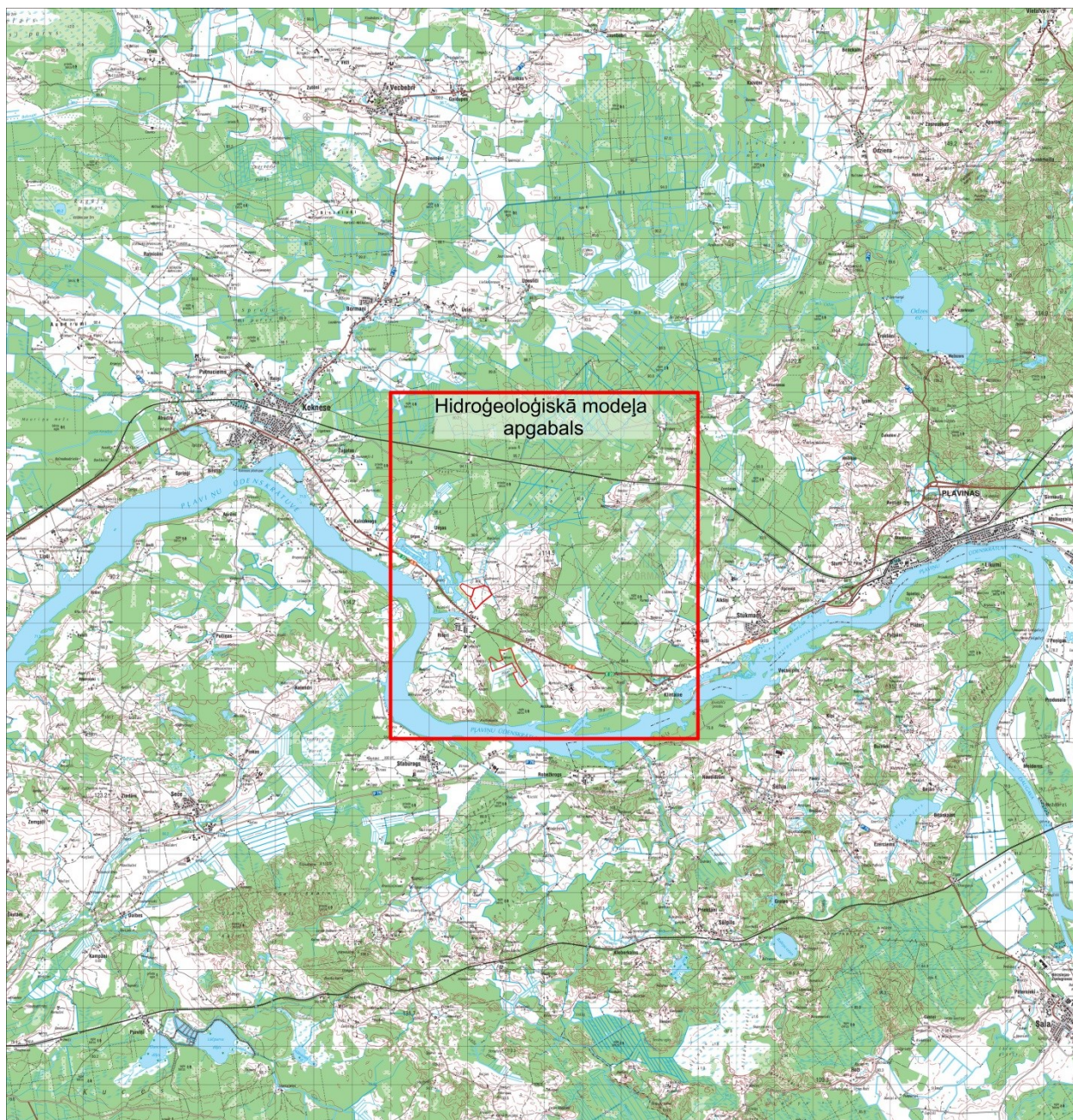
Atradnes “Koknese” reālā darbība visnelabvēlīgākajā tās izmantošanas režīmā (nepārtraukta dolomīta ieguve karjera pilnā laukumā un dziļumā) ir maz ticama, jo dolomīta ieguve parasti notiek pakāpeniski , palielinot karjeru dziļumu; ieguve nenotiek visu gadu, jo tai ir sezonāls raksturs.

7. Izmantotie informācijas avoti

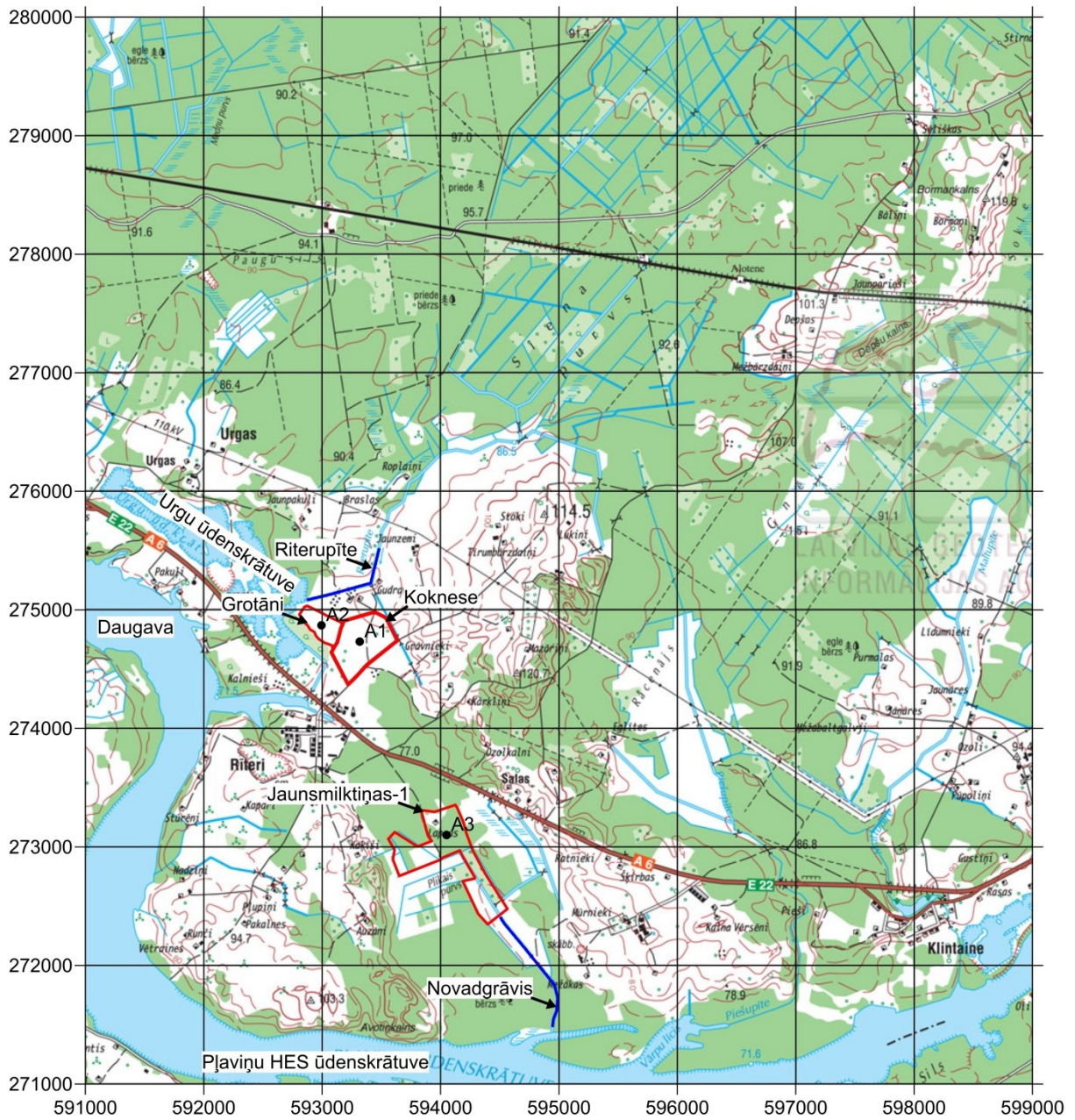
1. Darba uzdevums pētnieciskajam darbam “Pazemes ūdens līmeņa pazemināšanas hidroģeoloģiskā modelēšana dolomīta atradnes “Rīteri” iecirknim “Koknese”, Pļaviņu novadā”. Līgums starp Pasūtītāju SIA “Zemes puse” un Izpildītāju Rīgas Tehnisko universitāti, 2021.g.

2. Environmental Simulations, Inc. *Groundwater Vistas. Version 7*, Guide to using, 2017
3. Golden Software, Inc., *SURFER-13 for Windows*, Users manual, Guide to Using, 2015
4. Informācija par Latvijas hidroģeoloģisko modeli LAMO4 Rīgas Tehniskās universitātes Vides modelēšanas centra mājas lapā http://www.emc.rtu.lv/lamo_lv.htm
5. „Pārskats par dolomīta atradnes „Rīteri” ģeoloģisko papildizpēti Stučkas rajonā”. Latvijas ģeoloģijas pārvalde, 1973.gads, Valsts ģeoloģijas fonds (pārskata inventāra numurs – 9238).
6. SIA “RĪTERU DOLOMĪTS” plānotās smilts, smilts –grants un dolomīta ieguves paplašināšanas derīgo izrakteņu atradnēs “Jaunsmilktiņas-1” un “Plikais purvs” Klintaines pagastā, Pļaviņu novadā, Ietekmes uz vidi novērtējuma ziņojums, SIA “Vides eksperti”, Rīga, 2020. gada septembris, 69 lpp.
7. Dolomīta atradnes “Jaunsmilktiņas” ģeoloģiskās izpētes rezultāti Pļaviņu novads , Klintaines pagasts, SIA “BMB Estate”, Rīga, 2010, 27 lpp.
8. Pasūtītāja SIA “Zemes puse” iesniegtie materiāli par dolomīta atradnēm “Koknese” un “Grotāni”
9. Latvijas ģeotelpiskās informācijas aģentūras topogrāfiskā karte, mērogs 1:50000
10. Биндеман Н. Н., Язвин Л. С., Оценка эксплуатационных запасов подземных вод, изд. Недра, Москва, 1970, 215 стр.
11. Enciklopēdija Latvijas daba, 2. sējums, tabula 151. lpp.; 169. lpp.

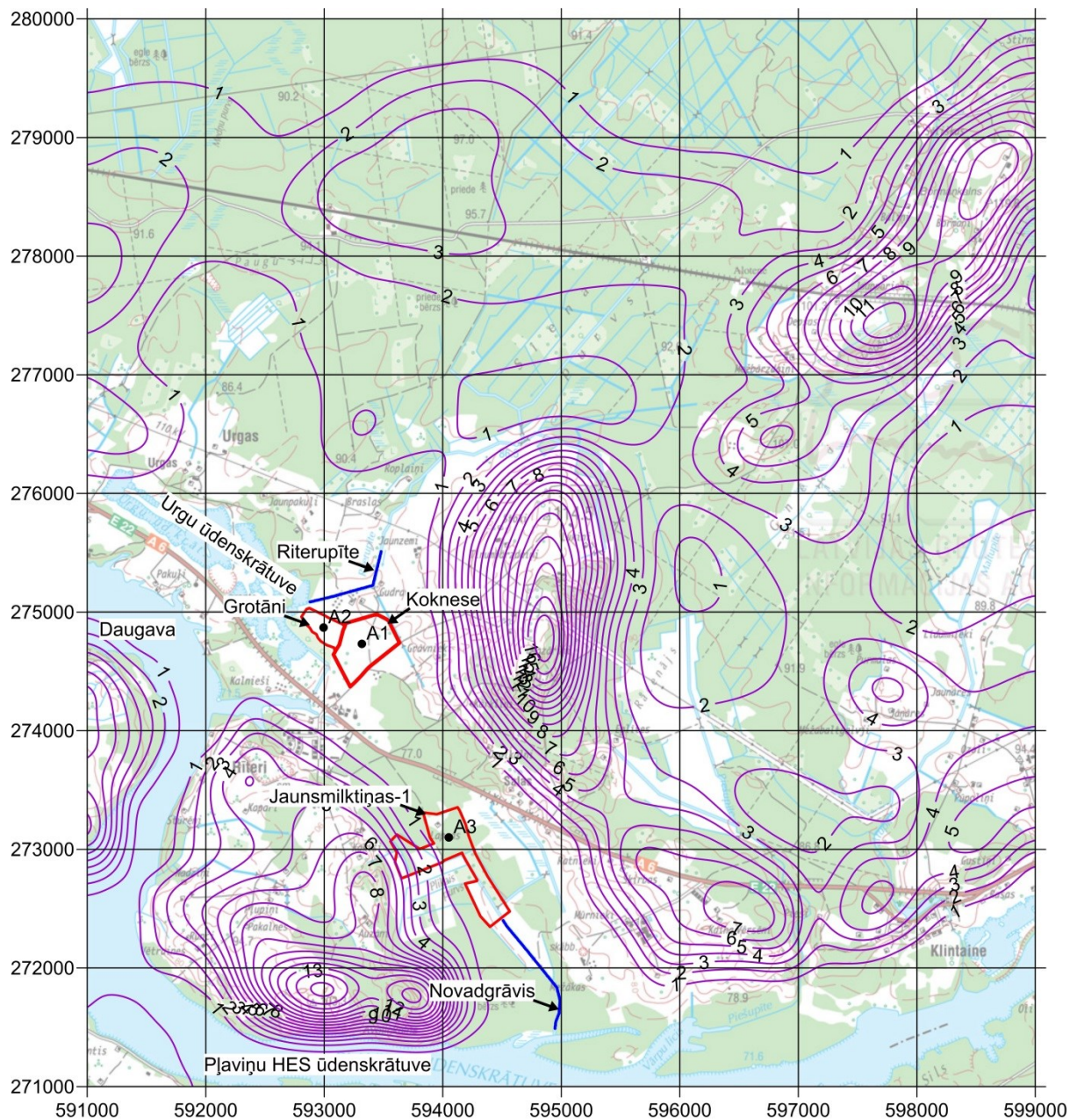
Attēli



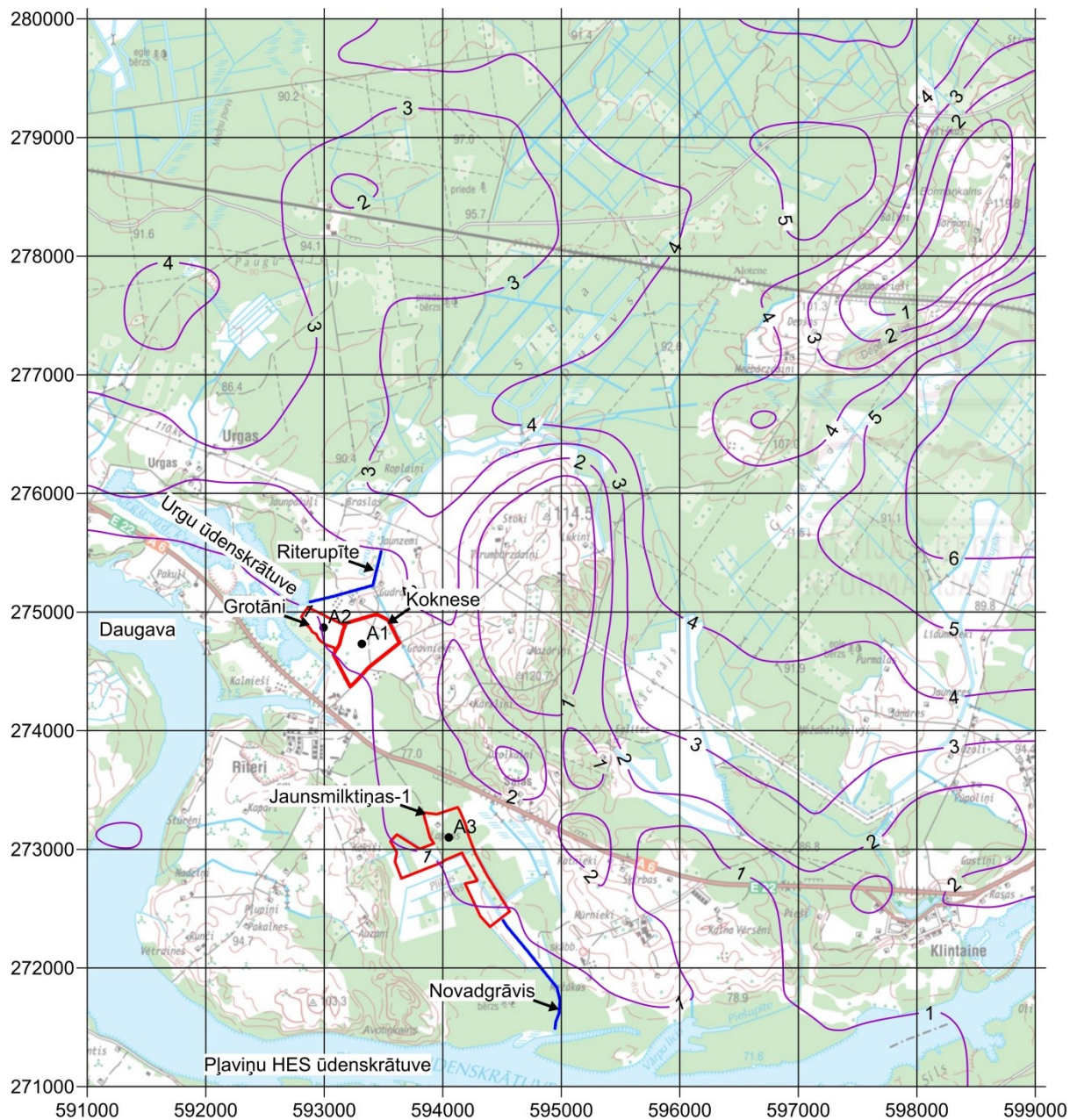
1. att. Hidroģeoloģiskā modeļa novietojums



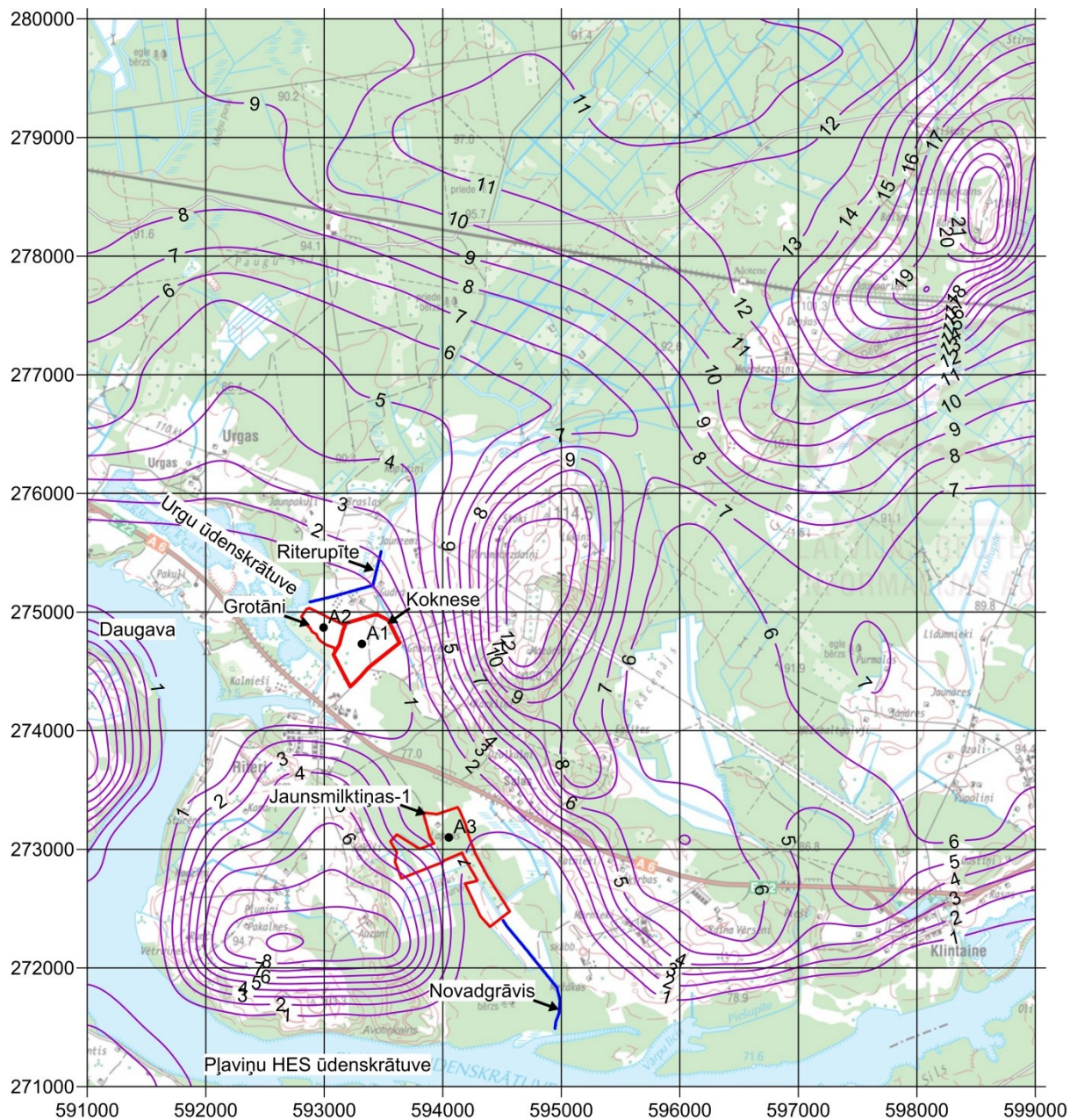
2. att. Dolomīta atradņu izvietojums hidroģeoloģiskajā modelī



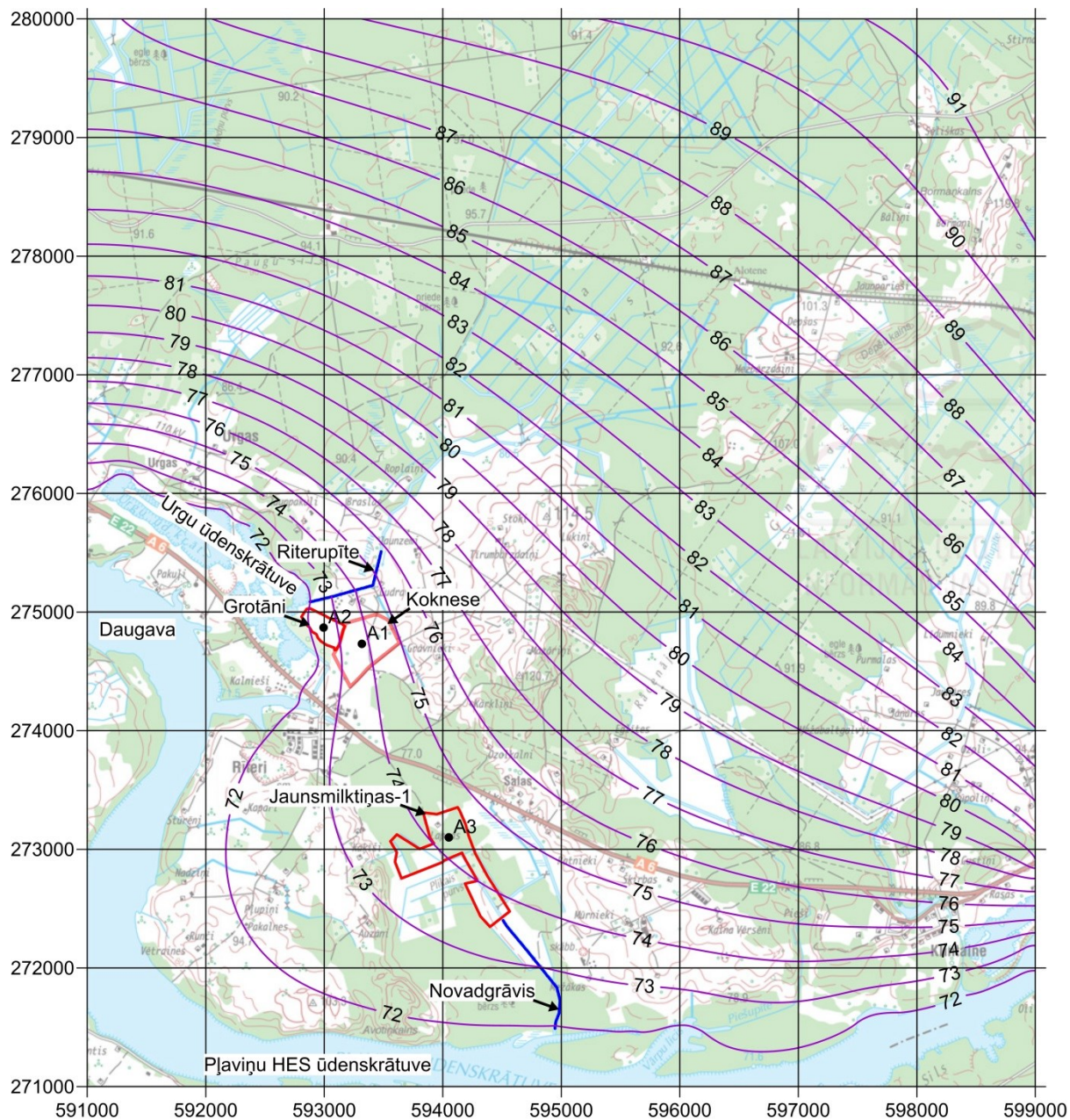
3. att. Aerācijas zonas aer biezuma [m] izolīniju karte



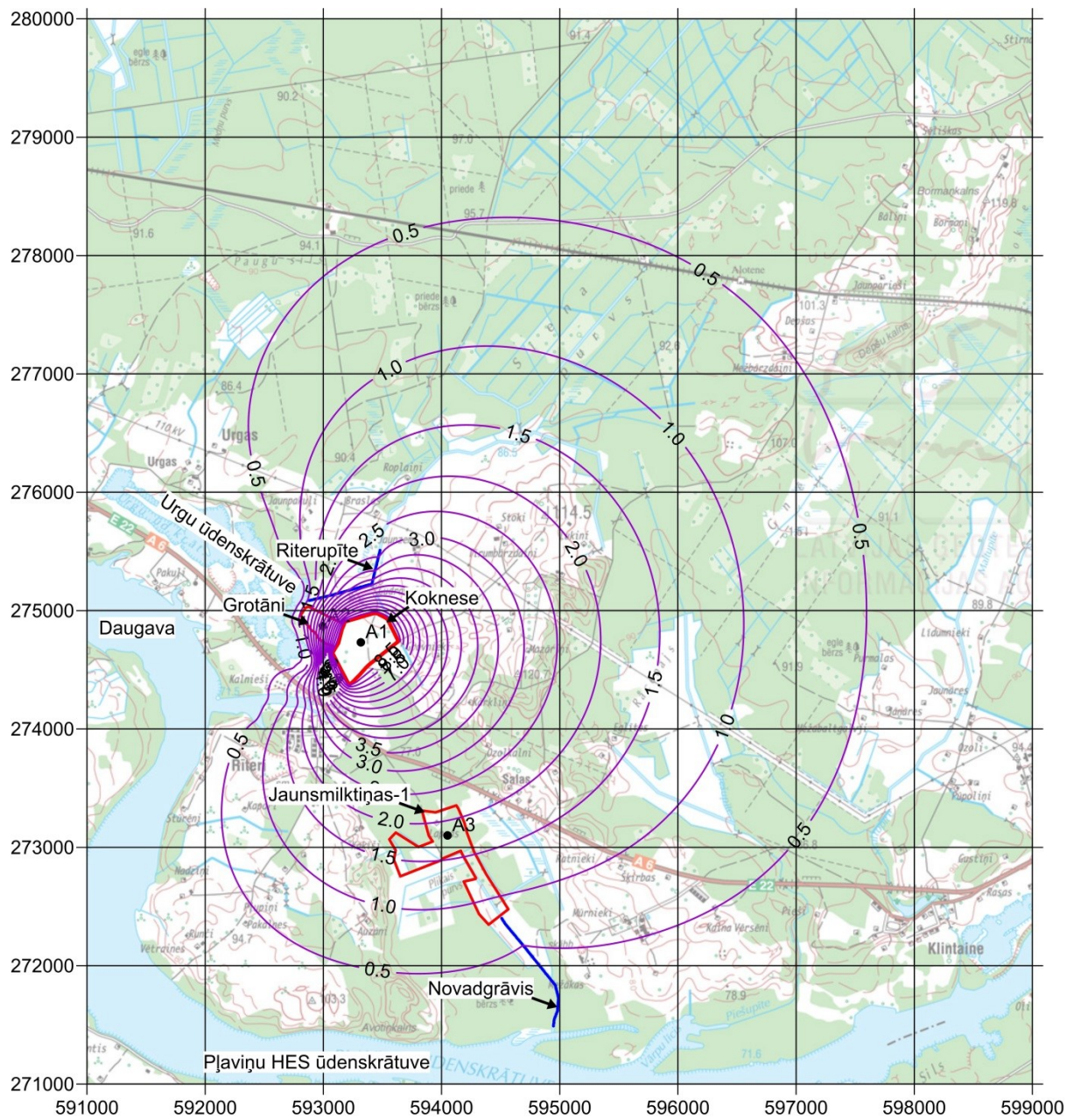
4. att. Kvartāra smilšu horizonta Q2 biezuma [m] izolīniju karte



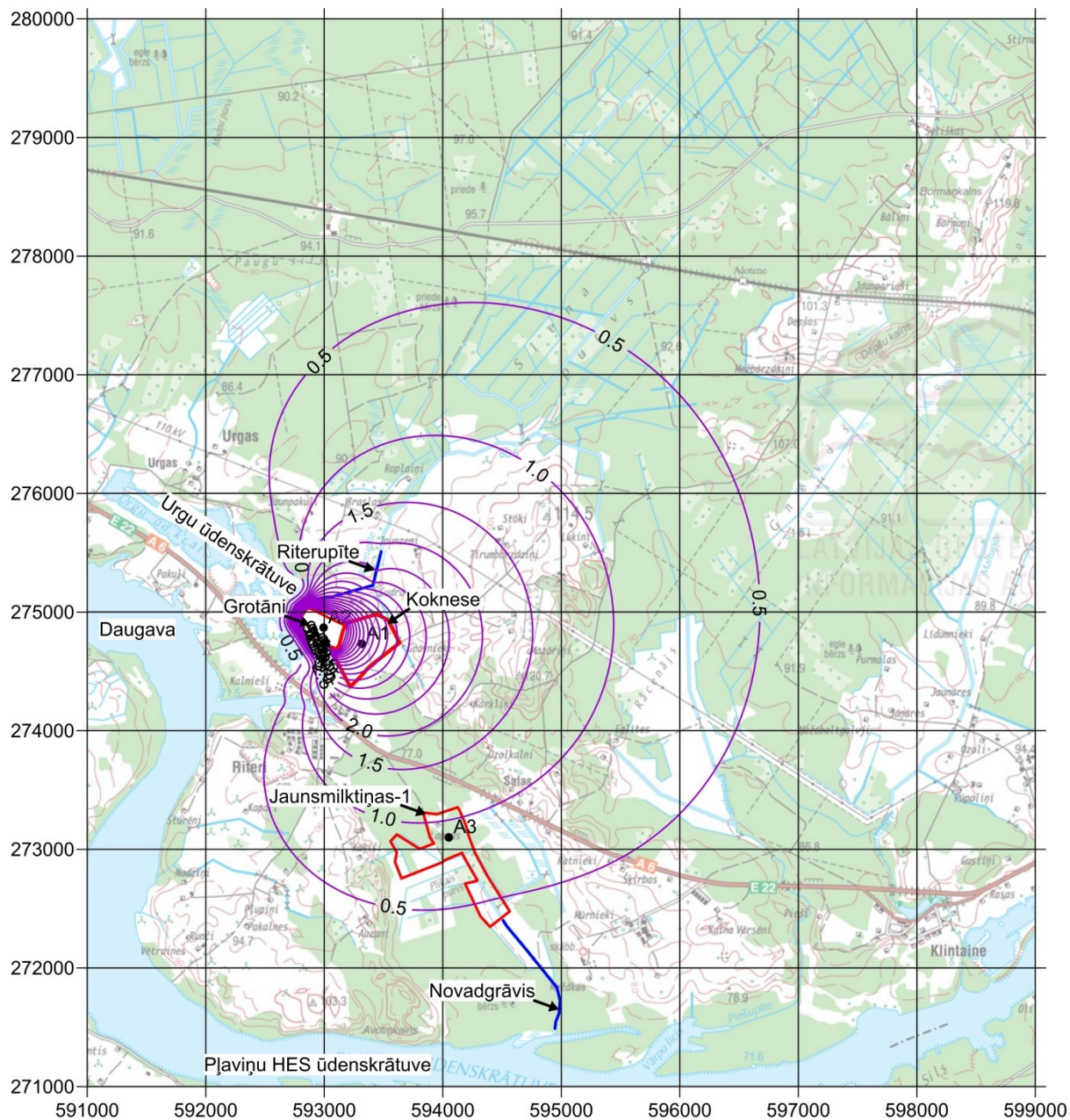
5. att. Kvartāra morēnas gQ2z biezuma [m] izolīniju karte



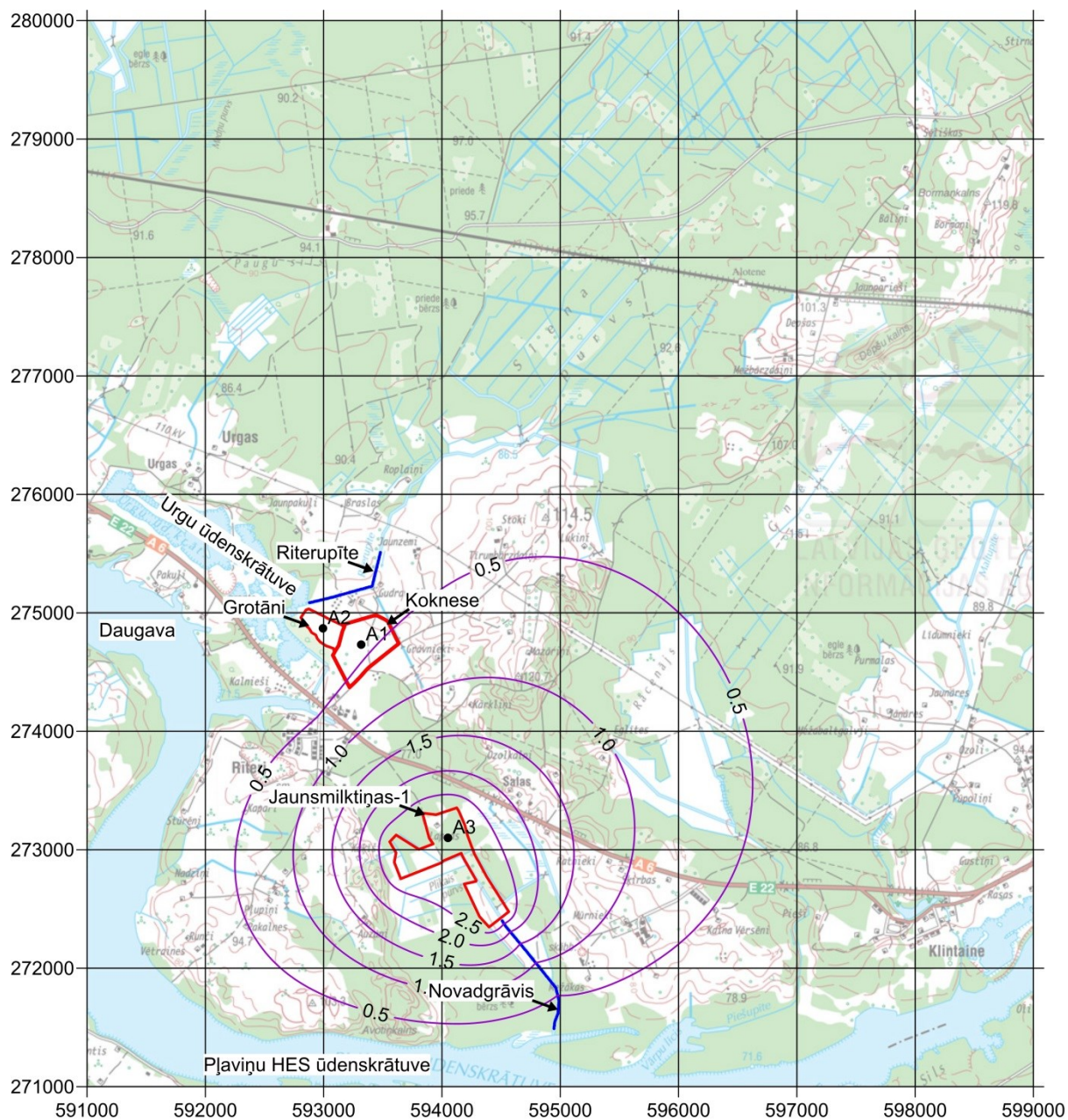
6. att. Netraucētā pazemes ūdens līmeņa $\varphi_{D3dg\#}$ [m vjl] izolīniju karte horizontā D3dg#



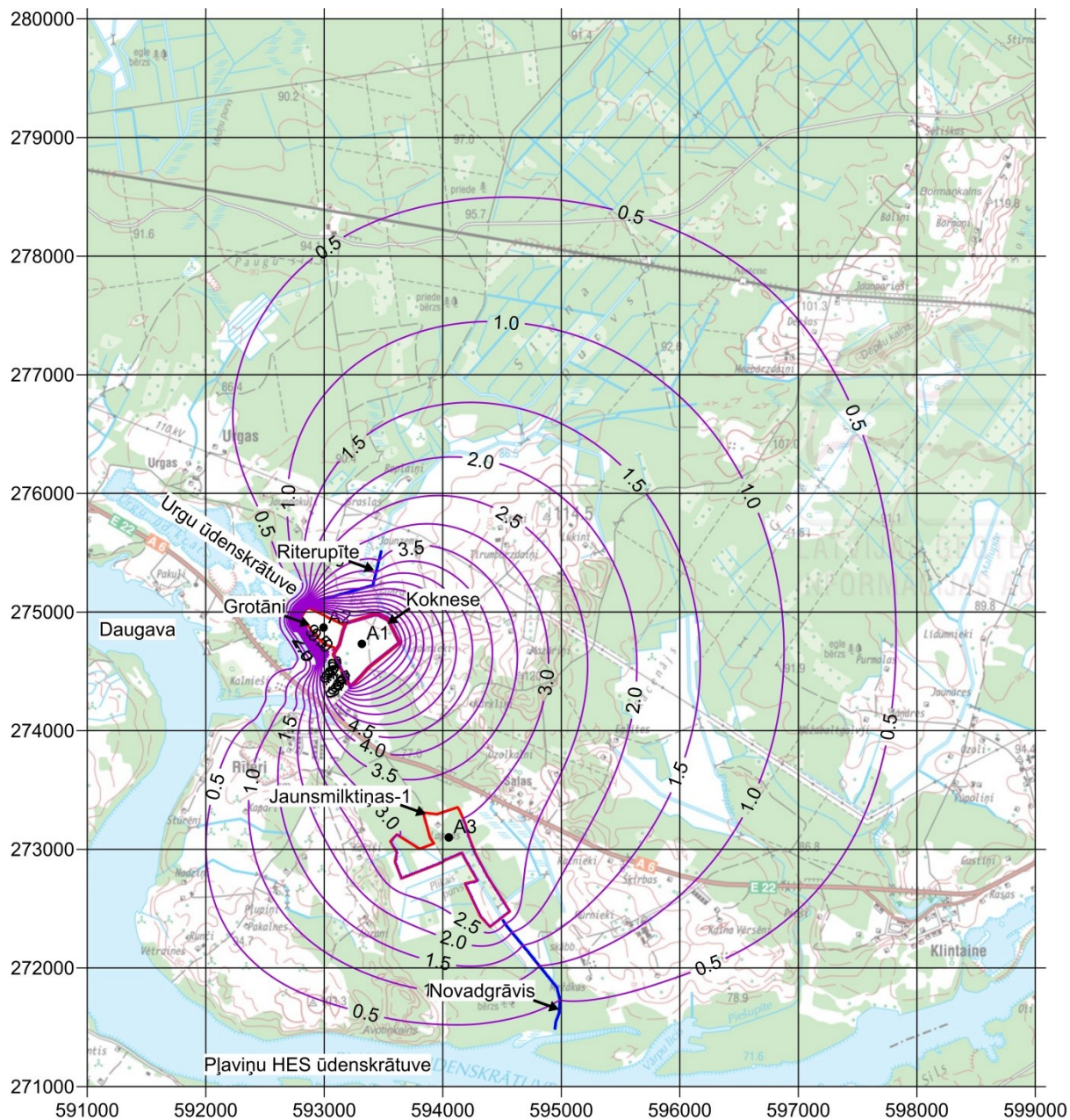
7. att. Depresijas piltuves s [m] izolīniju karte horizontā D3dg#, ja atradnē “Koknese” pazemes ūdens līmeņa pazeminājums ir 9m



8. att. Depresijas piltuves s [m] izolīniju karte horizontā D3dg#, ja atradnē “Grotāni” pazemes ūdens līmeņa pazeminājums ir 10.5m



9. att. Depresijas piltuves s [m] izolīniju karte horizontā D3dg#, ja atradnē “Jaunsmilktiņas-1” pazemes ūdens līmeņa pazeminājums ir 3m



10. att. Depresijas piltuves s [m] izolīniju karte horizontā D3dg#, ja vienlaicīgi darbojas atradnes “Koknese”, “Grotāni” un “Jaunsmilktiņas-1”