

# **Rīgas pilsētas dzeramā ūdens avotu optimizācijas iespējas**

**A. Spalviņš, I. Lāce, K. Krauklis, J. Laicāns**

**RTU 57. starptautiskā zinātniskā konference  
2016**

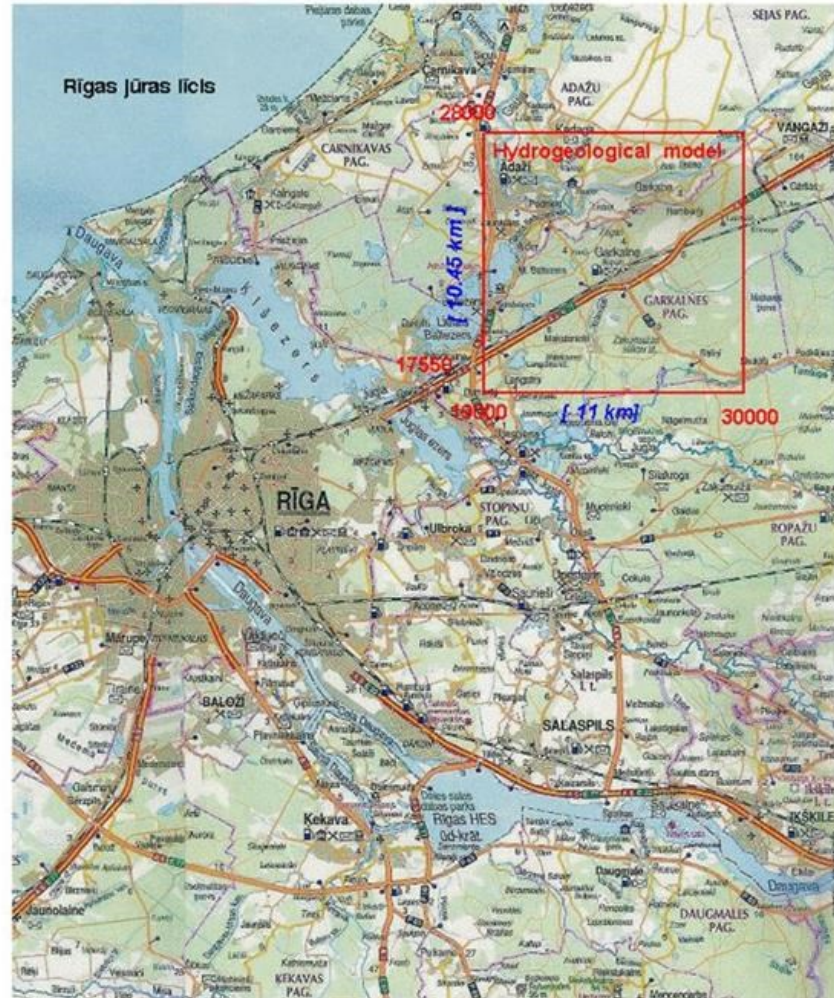
Šajā prezentācijā apkopoti datormodelēšanas rezultāti par Rīgas pilsētas ūdensgūtņu kompleksa “Baltezers, Remberģi, Zaķumuiža” ražības variantu izvērtējumu ar mērķi noskaidrot, kā var atteikties no Daugavas virszemes ūdensgūtnes.

Darbs veikts Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes Vides modelēšanas centrā (VMC) atbilstoši SIA “Aqua-Brambis” dotajam uzdevumam.

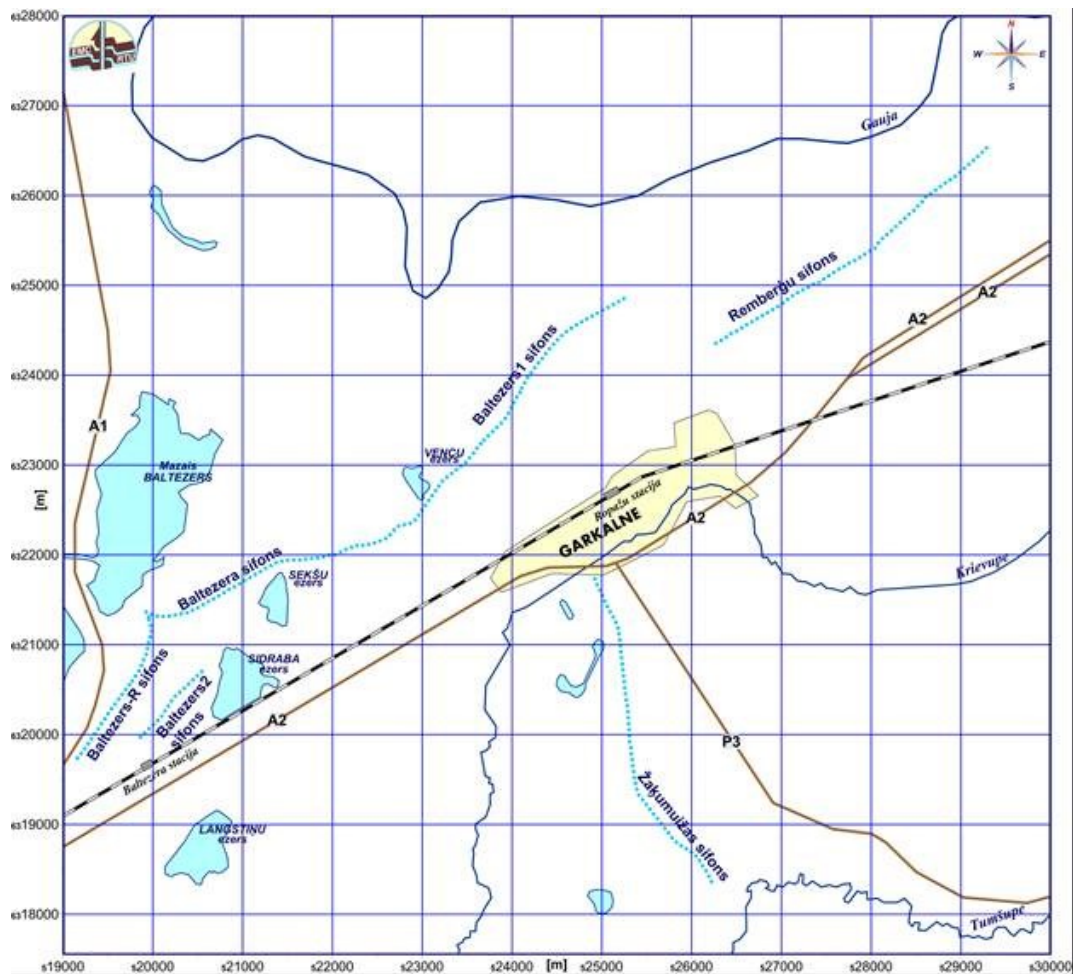
Izmantots ūdensgūtņu kompleksa hidroģeoloģiskais modelis, kurš darbojas licenzētas programmatūras Groundwater Vistas vidē. Rezultātu noformēšanai izmantota sistēma SURFER .

# Hidroģeoloģiskā modeļa novietojums

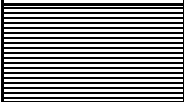
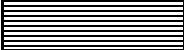
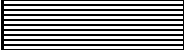
Hidroģeoloģiskais modelis imitē gada vidējos hidroģeoloģiskos apstākļus un ir stacionārs. Modeļa izmēri ir 11000m × 10450m un tā plaknes režģa aproksimācijas solis ir 55m.



# Ūdensgūtņu kompleksa hidroģeoloģiskā modeļa bāzes karte



# Modeļa vertikālā shematizācija

Slāņa tips	Slāņa nosaukums	Ģeoloģiskais kods modelī	Modeļa sekcijas numurs un tips
	Reljefs	<i>relh</i>	1. (robežnoteikums) (zemes virsmas reljefa karte.)
		<i>aer</i>	2. (z)
		<i>Q1</i>	3. (xy)
		<i>Q2</i>	4. (xy)
		<i>gQ</i>	5. (z)
	Otrā Gauja	<i>D<sub>3</sub>gj2</i>	6 (xy)
	Pirmā Gauja	<i>D<sub>3</sub>gj1z</i>	7. (z)
		<i>D<sub>3</sub>gj1</i>	8. (xy)

 sprostslānis

Kvartāra sistēma pārstāvēta ar četriem slāņiem, kuriem atbilst aerācijas zona aer (formāls sprosslānis), smilšu slāņi Q1 un Q2, morēna gQ kā sprosslānis. Slānim Q1 piesaistīti upes un ezeri, bet slānī Q2 realizē kvartāra sistēmas ekspluatācijas urbumus.

Devona sistēmu modelī pārstāv Gaujas svītas smilšakmens ūdens horizonti D3gj2, D3gj1 un tos atdalošais sprosslānis D3gj1z. Slāņa D3gj1 apakša ir ūdens necaurlaidīga.

Robežnoteikumi horizontiem ūdens līmeņu veidā uzdoti uz modeļa robežas kontūra. Modeļa pirmajā slānī rel uzdots zemes virsmas reljefs kā ūdens līmeņa tipa robežnoteikums.

## SIA «Aqua Brambis» prognozētie ūdensgūtņu ražības varianti

<i>Ūdensgūtne</i>	<i>Ūdens horizonts</i>	<i>ŪSS</i>	<i>1.variants</i>	<i>2.variants</i>	<i>3.variants</i>	<i>4.variants</i>	<i>5.variants</i>
			<i>m3/d</i>	<i>m3/d</i>	<i>m3/d</i>	<i>m3/d</i>	<i>m3/d</i>
Baltezers +	Q	JĀ	19 000	19 000	19 000	19 000	28 000
Baltezers I	Q	JĀ	9 600	9 600	9 600	9 600	30 000
Rembergi	Q	NĒ	12 000	17 000	17 000	17 000	17 000
Zaķumuiža Q	Q	NĒ	10 000	17 000	17 000	17 000	17 000
Zaķumuiža D	D	NĒ	10 500	28 500	30 000	30 000	30 000
Daugava PŪG	D	JĀ			30 000		
Baltezers I D	D	JĀ				15 000	
Rembergi D	D	JĀ				15 000	
<b>Kopā PŪG</b>			<b>61 100</b>	<b>91 100</b>	<b>122 600</b>	<b>122 600</b>	<b>122 000</b>
<b>Daugava VŪG</b>	VŪ	JĀ	<b>63 600</b>	<b>31 800</b>			
<b>Pavisam</b>			<b>124 700</b>	<b>122 900</b>	<b>122 600</b>	<b>122 600</b>	<b>122 000</b>

### Piezīmes:

*ŪSS* – Ūdens sagatavošanas stacija;

*Q* – Kwartārs;

*D* – Devons (Gaujas horizonts);

*VŪ* – Virszemes ūdens;

*PŪG* – Pazemes ūdensgūtnes;

*VŪG* – Virszemes ūdensgūtnes.



*urbumi ar sūkni*

## Variantu apraksts

1. Izmanto šobrīd;
2. Vairāk izmanto Zaķumuižas D, samazina Daugavas VŪG;
3. Neizmanto Daugavas VŪG, veido jaunu Daugavas PŪG
4. Neizmanto Daugavas VŪG, veido Baltezers 1D un Remberģi D;
5. Neizmanto Daugavas VŪG, aizvieto sifonus ar sūkņiem.



Ūdensgūtņu ražības variantu analīzei mazūdens režīmam (50% no normāliem apstākļiem) ilgstošam laikam iegūst, ja uz pusi samazina aer zonas hidraulisko vadāmību. Šāds režīms ir Latvijā maz varbūtīgs un tāpēc tas īsteno ūdensgūtņu darbības noturības pārbaudi ekstremālos apstākļos, kas raksturīga tikai būtiskām klimata izmaiņām.

Nav modelēta īslaicīga mazūdens apstākļu ietekme, jo tad rezultātu iegūšanai būtu modelis jādarbina nestacionārā režīmā, kura īstenošana ir komplicēta.

3. variants nav modelēts, jo tas paredz jaunu PŪG izveidošanu Ķekavas novadā, lai aizvietotu VŪG

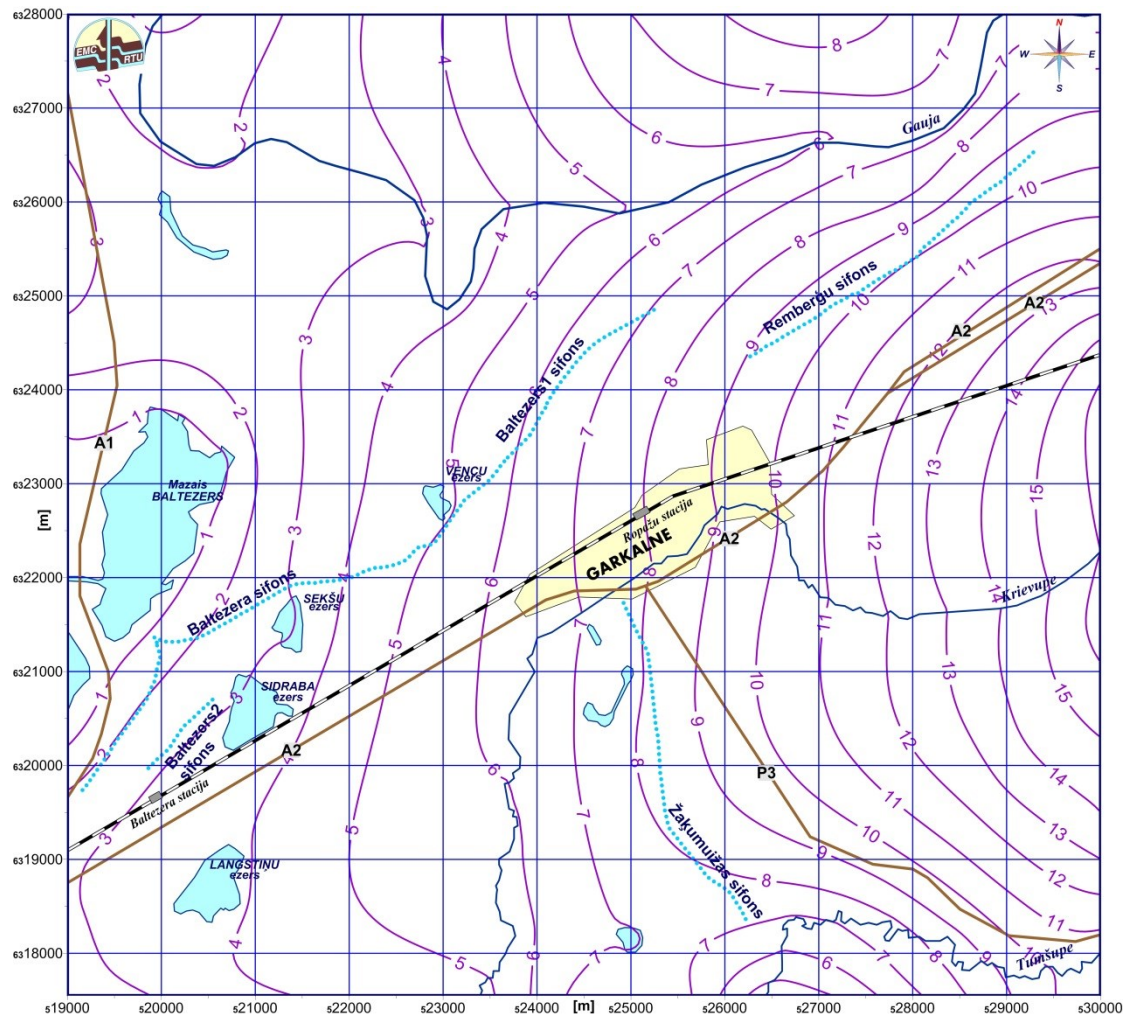
Daugava

## Ūdensgūtnes darbības noturības novērtēšanas metodika

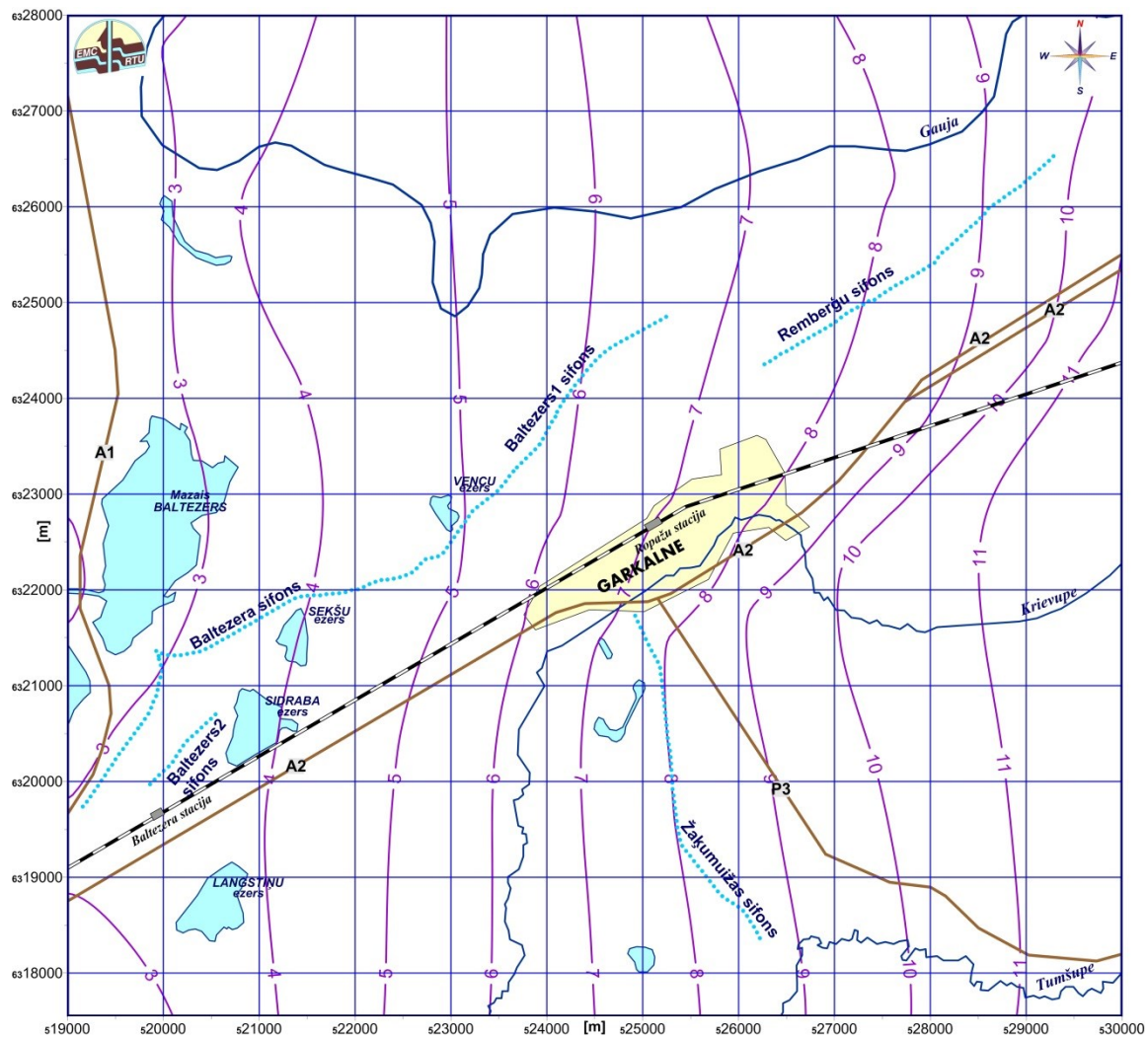
Ūdensgūtnes darbības noturību pārbauda normāliem un mazūdens apstākļiem. Kā noturības galveno elementu izmanto ūdensgūtnes depresiju piltuves karti (piltuves forma un dziļums).

Depresijas piltuves karti iegūst, ja no modeļa netraucētā stāvokļa ūdens līmeņu sadalījuma kartes atskaita ūdensgūtves dinamisko ūdens līmeņu sadalījumu.

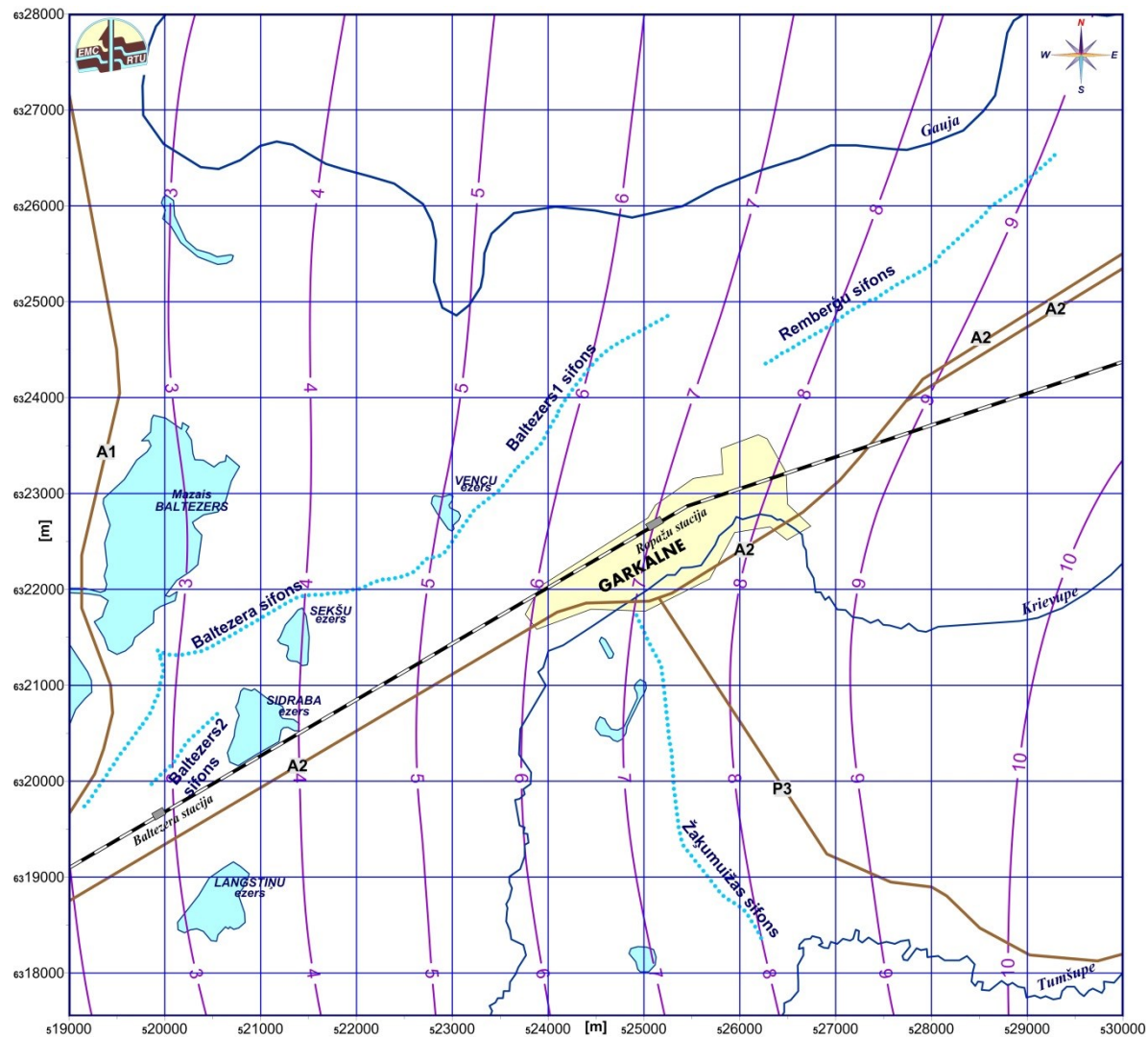
# Netraucētā stāvokļa ūdens līmeņu sadalījums [ m vjl] horizontā Q



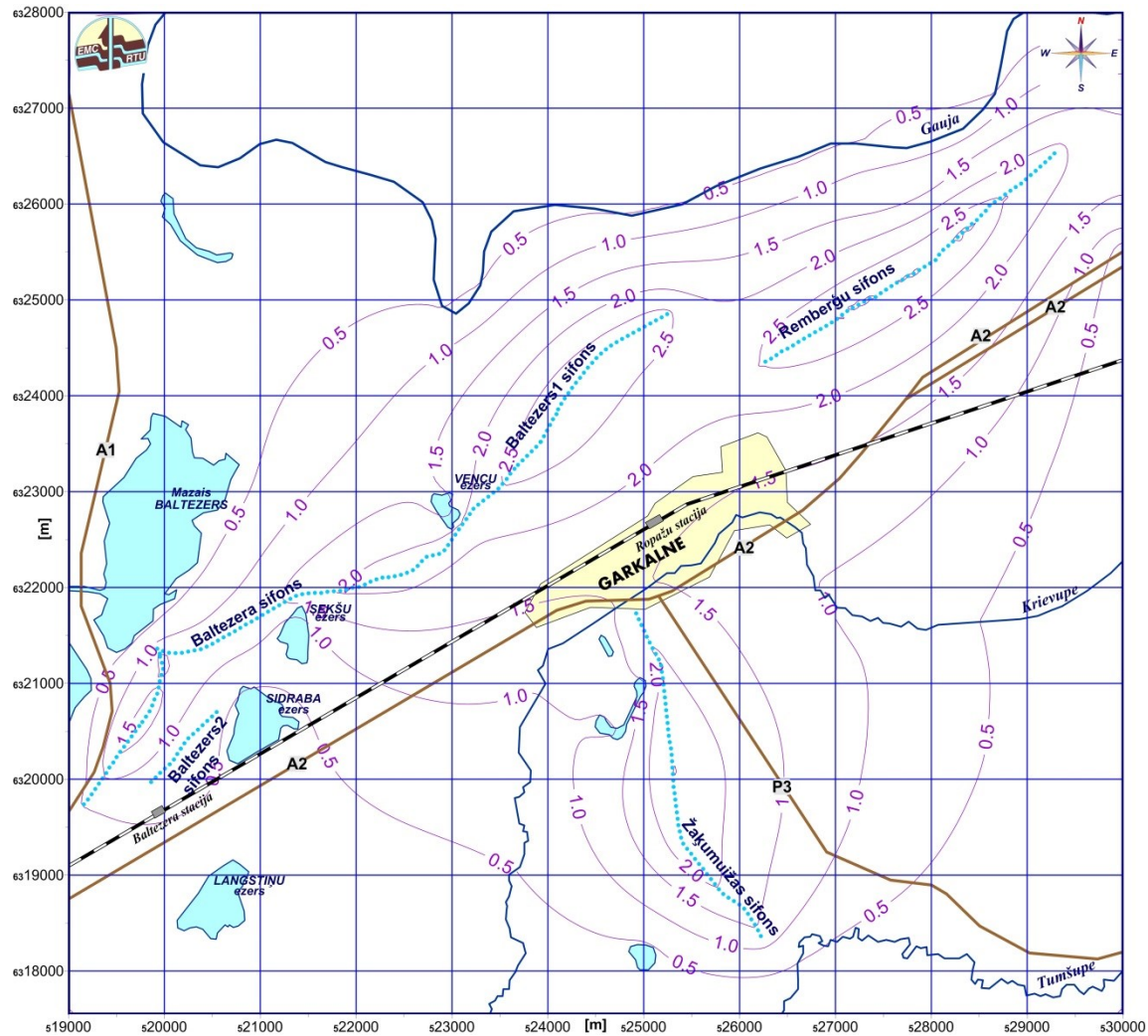
# Netraucētā stāvokļa ūdens līmeņu sadalījums [ m vjl] horizontā D3gj2



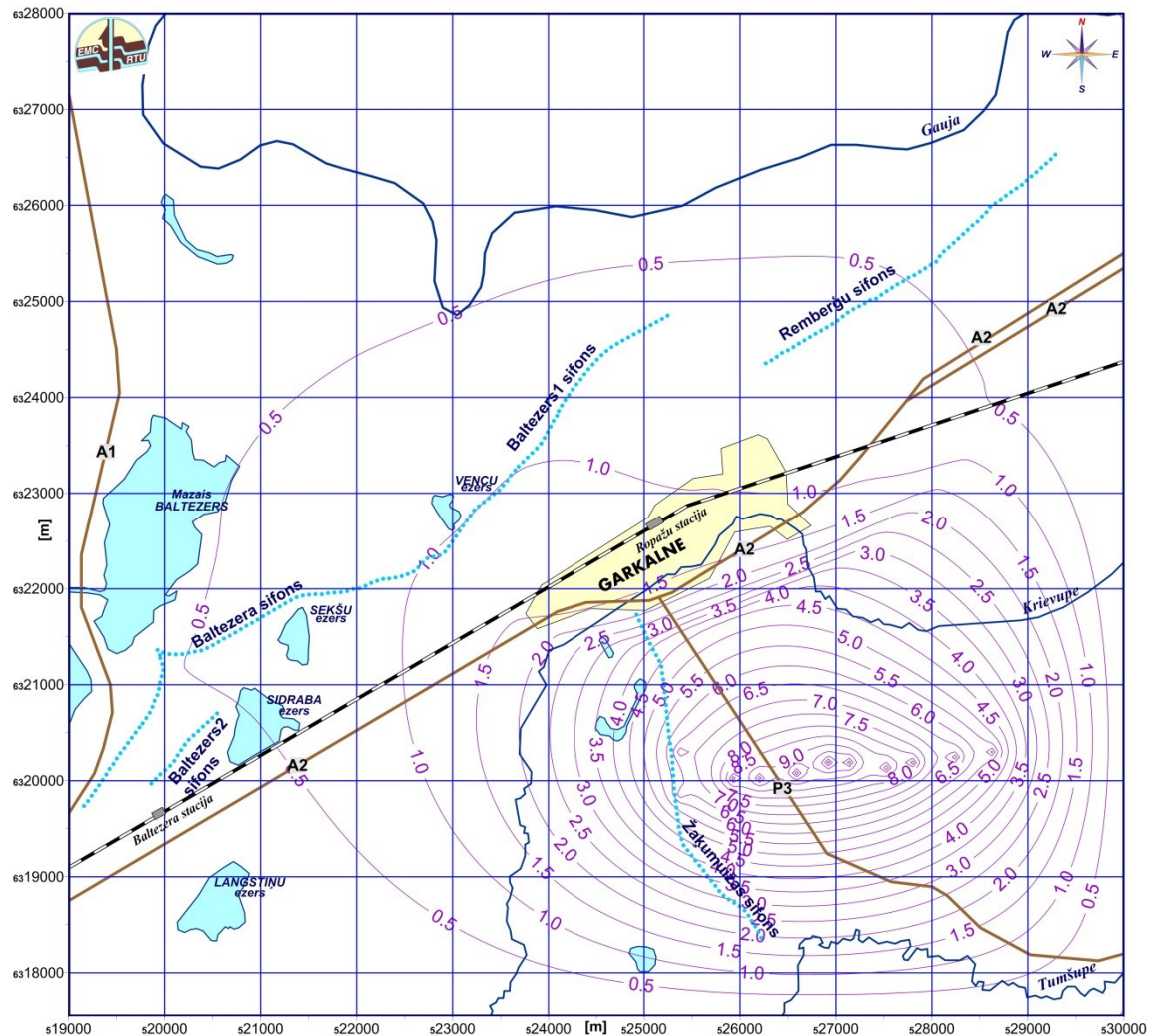
# Netraucētā stāvokļa ūdens līmeņu sadalījums [ m vjl ] horizontā D3g1



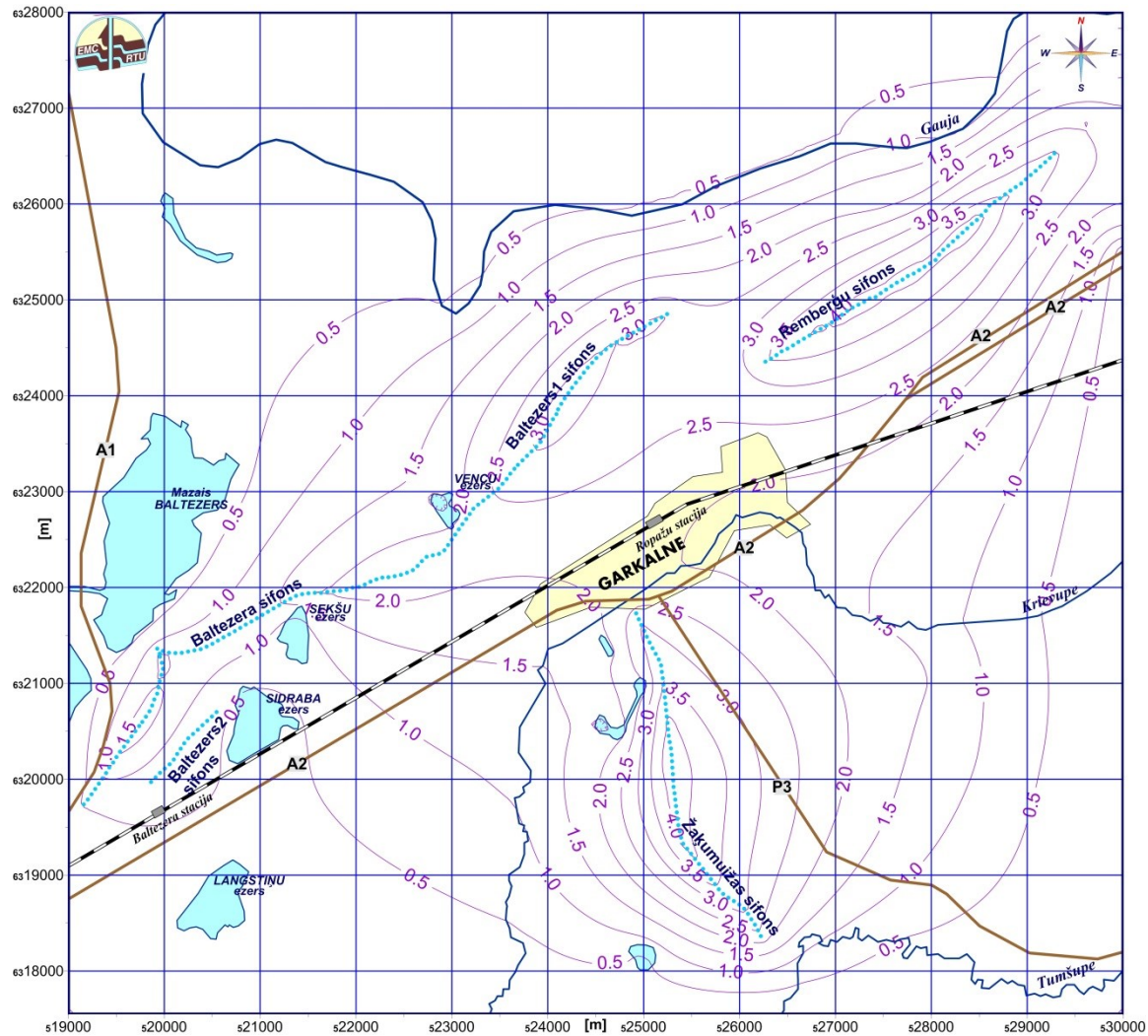
# Depresiju piltuve [m] Q horizontā 1. variantam $(\Sigma=61100\text{m}^3/\text{d}=40600(Q)+ 10500(D3\text{g}))$



# Depresiju piltuve [m] D3gj2 horizontā 1. variantam ( $\Sigma=61100\text{m}^3/\text{d}=40600(Q)+10500(D3\text{gj})$ )

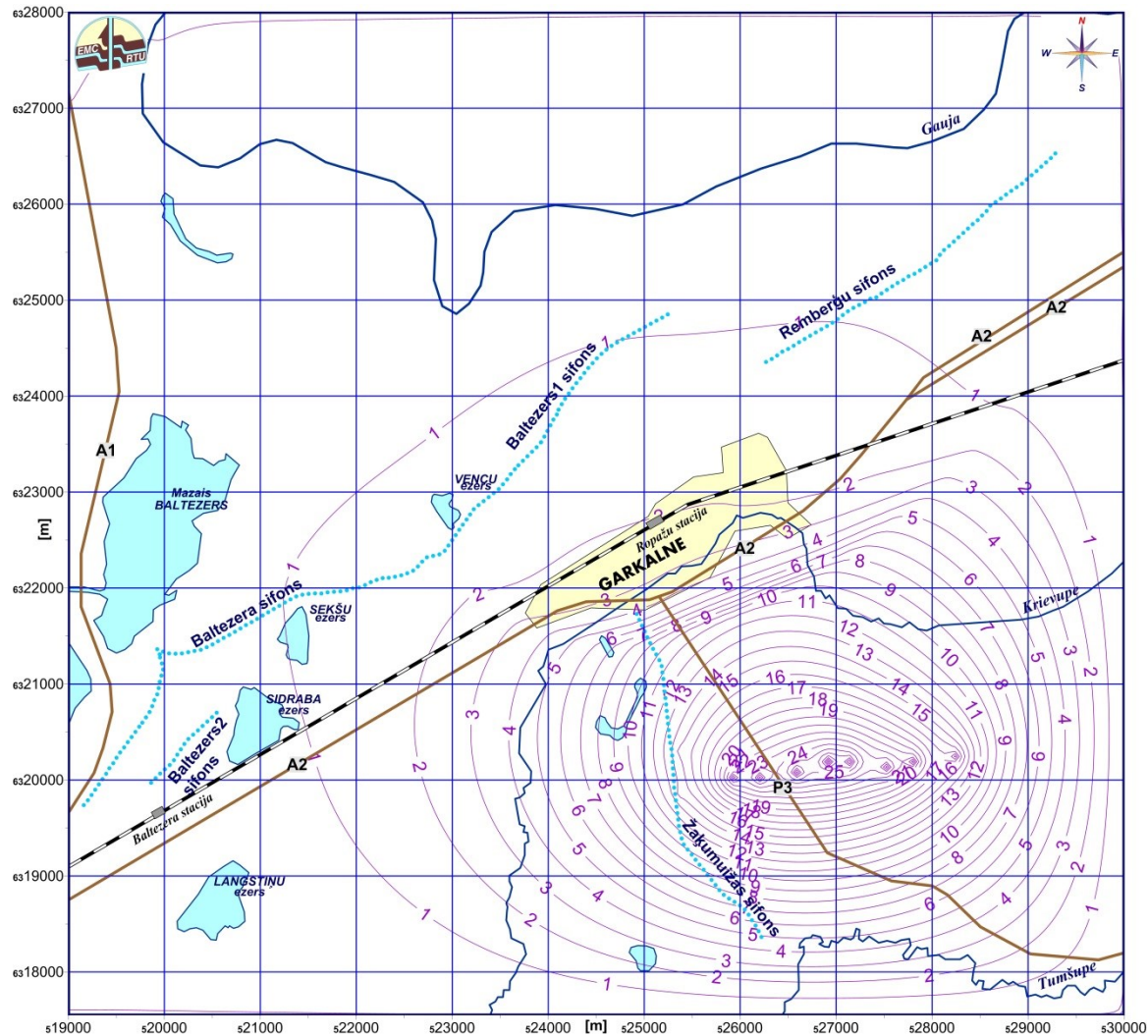


# Depresiju piltuve [m] Q horizontā 2. variantam $(\Sigma=91100[\text{m}^3/\text{dienn}]=45500(Q)+ 45500(D3\text{g}j))$

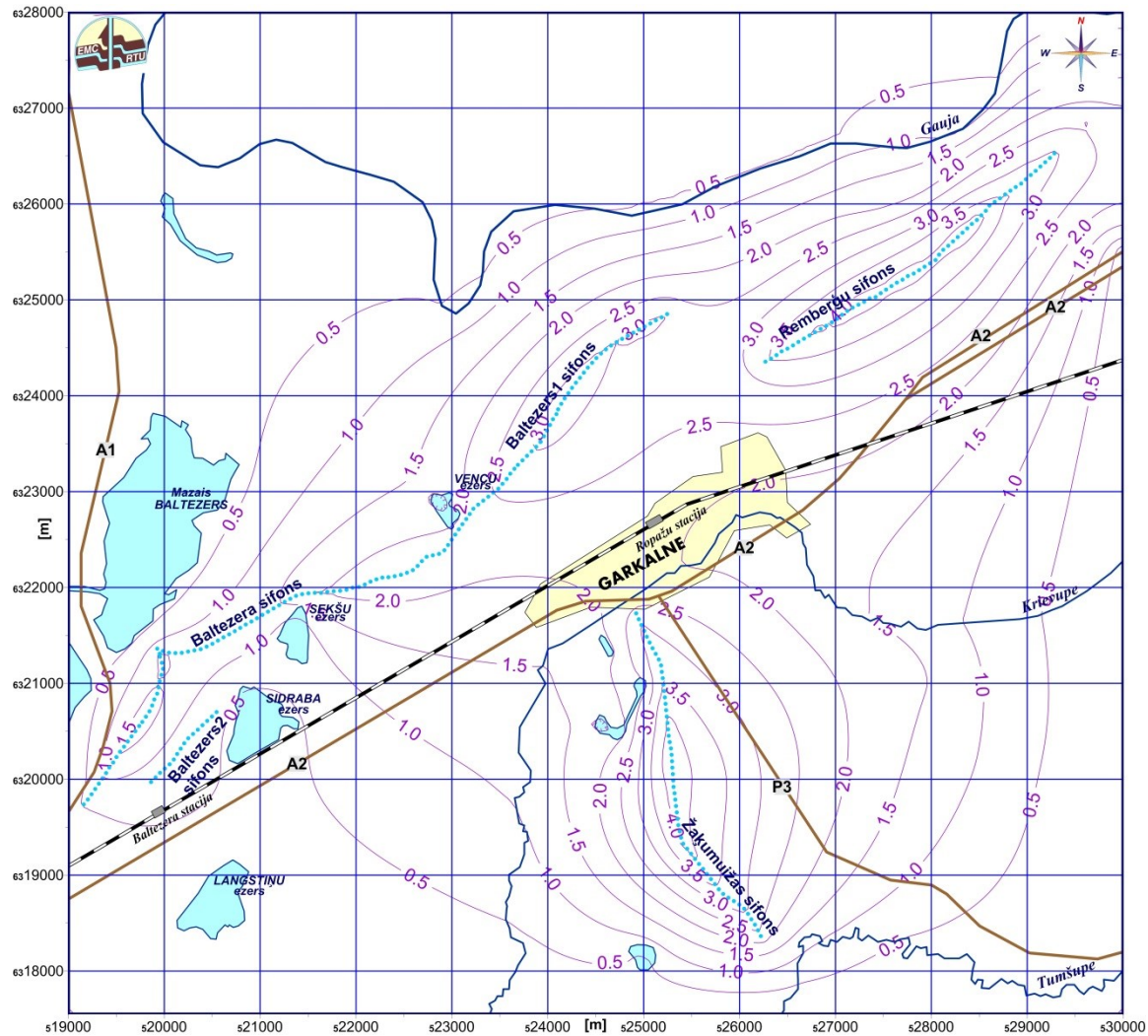




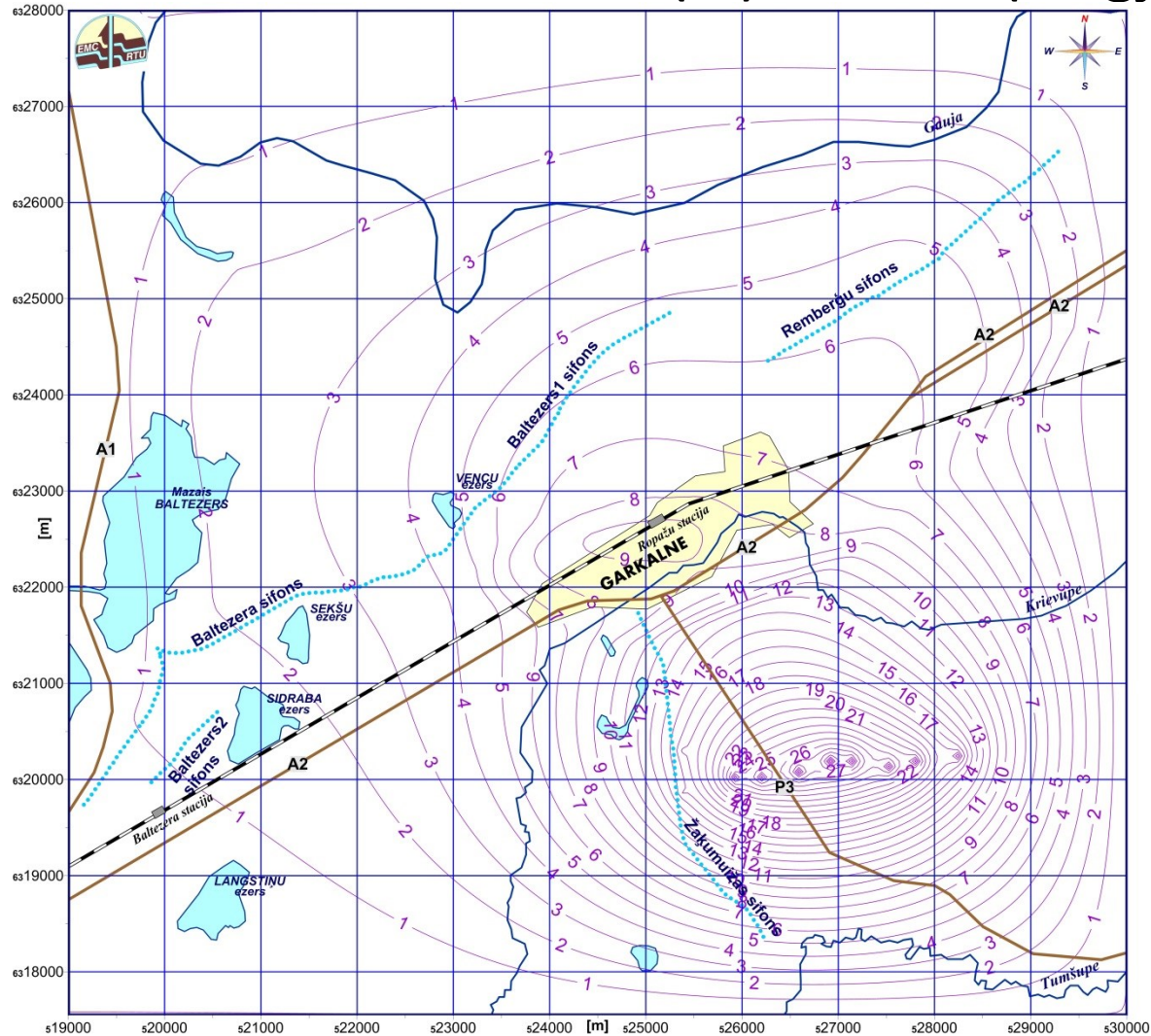
# Depresiju piltuve [m] D3gj2 horizontā 2. variantam ( $\Sigma=91100\text{m}^3/\text{d}=45500(Q)+ 45500(\text{D3gj})$ )



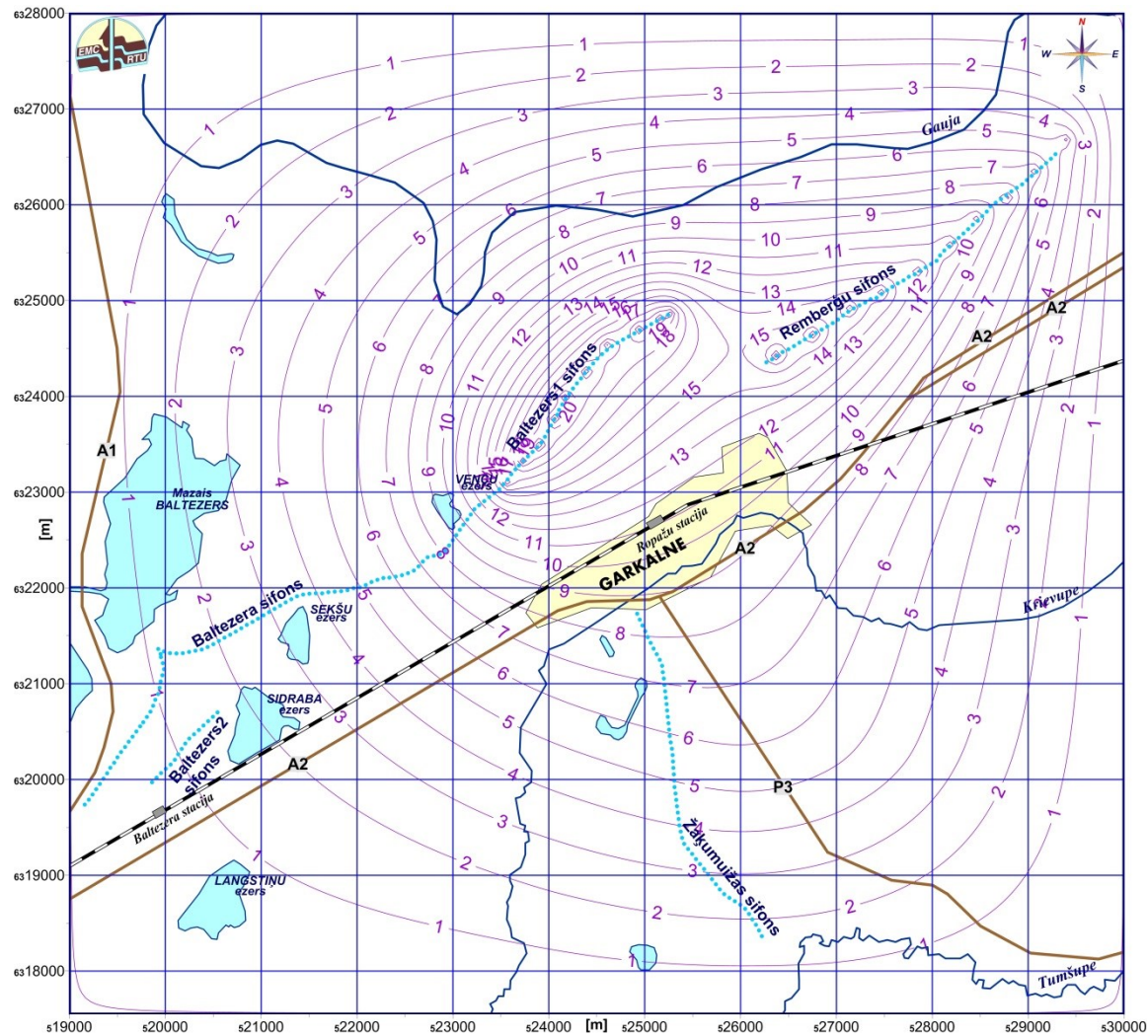
# Depresiju piltuve [m] Q horizontā 4. variantam $(\Sigma=122600\text{m}^3/\text{d}=62600(Q)+ 60000(D3\text{g}))$



# Depresiju piltuve [m] D3gj2 horizontā 4. variantam ( $\Sigma=122600\text{m}^3/\text{d}=62600(Q)+60000(D3\text{gj})$ )



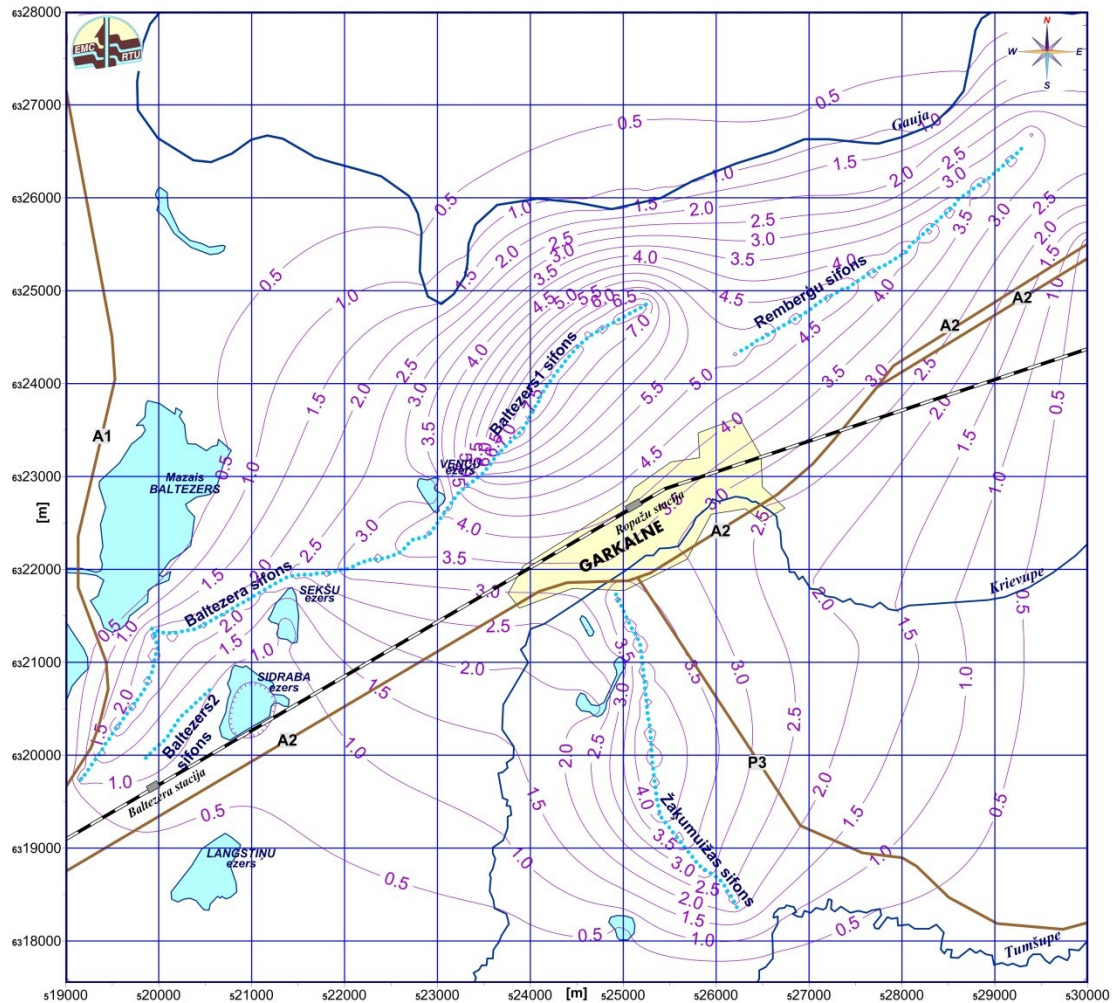
# Depresiju piltuve [m] D3gj1 horizontā 4. variantam $(\Sigma=122600\text{m}^3/d=62600(Q)+ 60000(D3gj))$



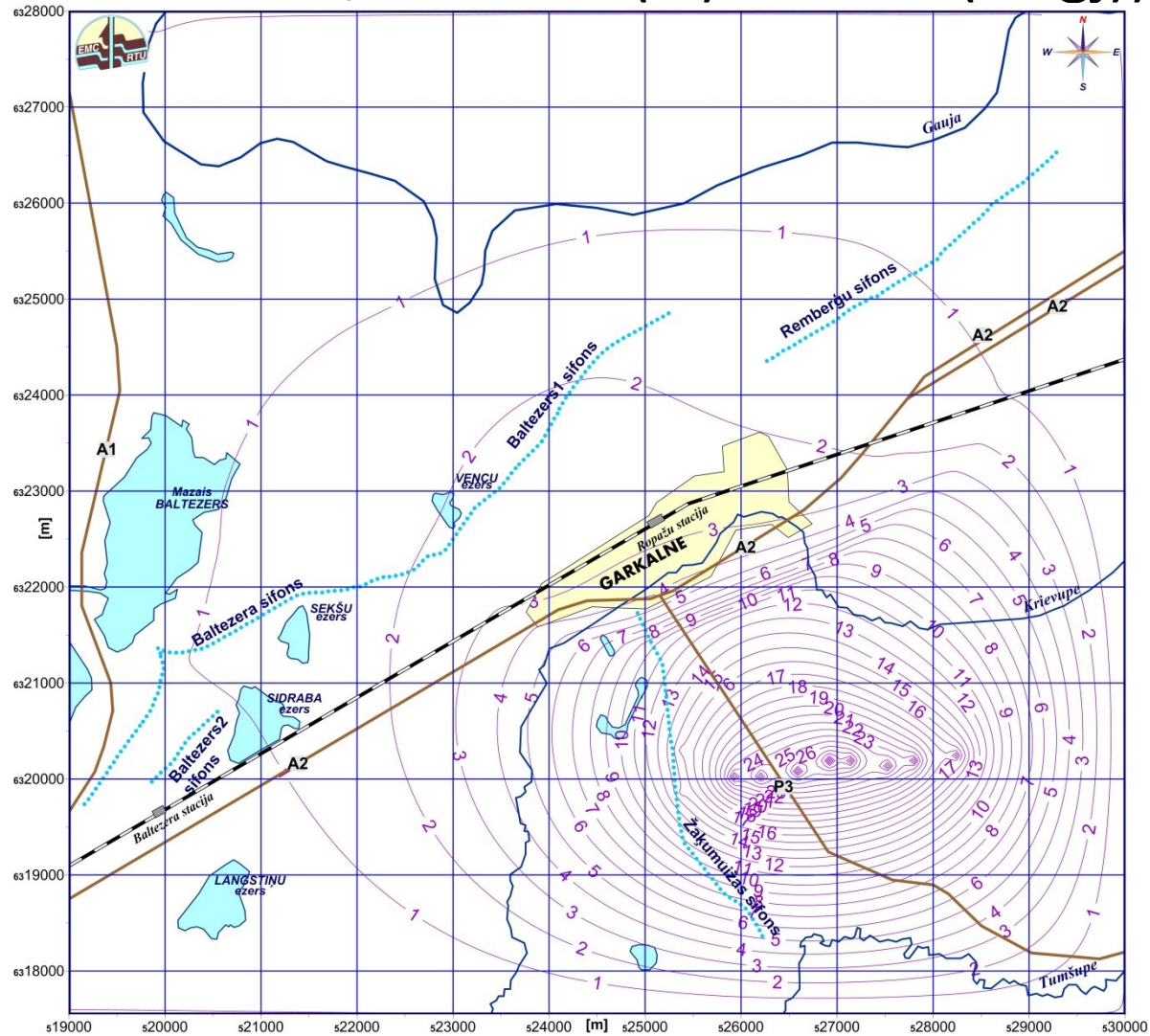
Salīdzinošie dati par dziļumsūkņu un sifonu sistēmu urbumiem 5. variantam, ja ieguve tiek nodrošināta ar dziļumsūkņiem ( $\Sigma=122000\text{m}^3/\text{d}=92000(\text{Q})+ 30000(\text{D3g})$ )

Ūdensgūtve	Dziļurbumi		Sifona urbumi	
	Skaitis	Vidējais attālums [m]	Skaitis	Vidējais attālums [m]
Baltezers A	20	~300	121	~50
Baltezers 1	20	~150	72	~38
Remberģi	12	~400	55	~78
Zaķumuiža	12	~300	90	~42

# Depresiju piltuve [m] Q horizontā 5. variantam $(\Sigma=122000\text{m}^3/d=92000(Q)+ 30000(D3g))$



# Depresiju piltuve [m] D3gj2 horizontā 5. variantam $(\Sigma=122000\text{m}^3/\text{d}=92000(Q)+30000(D3\text{gj}))$



# Maksimālais depresijas piltuves dziļums [m] ūdensgūtņu izmantošanas variantiem

Ūdensgūtve	Ūdensgūtņu izmantošanas varianti (m-mazūdens režīms)							
	1	1m	2	2m	4	4m	5	5m
Baltezers R	1,6	1.9	1.7	2.0	1.7	2.0	2.6	2.9
Baltezers A	2.2	2.9	2.4	3.2	2.4	3.3	3.9	5.1
Baltezers 1	2.9	3.9	3.2	4.3	3.4	4.6	7.8	9.4
Remberģi	3.0	4.2	4.0	5.5	4.3	5.7	5.3	6.8
Zaķumuiža	2.5	3,5	4.2	5.5	4.3	5.6	4.8	6.1
Zaķumuiža D3gj2	11.2	11.5	30.6	30.8	32.8	33.1	32.8	32.6
Devons D3gj1	0	0	0	0	22.5	22.8	0	0



Depresijas piltuvju dziļuma dati dod uzskatāmu kvantitatīvu novērtējumu par ūdensgūtņu normālajiem un mazūdens režīmiem:

- mazūdens režīmā depresiju piltuves dziļums sifona ūdensgūtnēs pieaug par (0.7-1.2) metriem; mazāk jūtīga pret režīma maiņu ir Baltezers-R ūdensgūtve, jo tā atrodas tuvu M.Baltezeram un horizonta Q robežai, kur ir uzdots fiksēts robežnoteikums;
- Devona ūdens horizontu ūdensgūtnēm praktiski nav atkarības no mazūdens režīma;
- depresiju piltuvju dziļumi ir proporcionāli ūdensgūtņu ražībai.

Mazūdens apstākļos palielinās piltuves laukums un dziļums. Nav būtiski atšķirīgas depresiju piltuves sifoniem un dziļurbuma sūkņu pielietojumam, ja ūdensgūtnes ražība nemainās (Zaķumuiža Q).

Dziļurbuma sūkņi rada dziļu depresijas piltuvi to tiešā tuvumā. Šis apstāklis nav ņemts vērā 2. tabulā. Tomēr jau 55m (modeļa režģa solis) attālumā no urbuma depresiju kartes ir ticamas arī dziļurbumu sūkņu gadījumā.

No depresiju piltuvju kartēm tabulas datiem var secināt, ka pat mazūdens režīmā nerodas būtiskas izmaiņas, kuras varētu pārtraukt sifona tipa ūdensgūtnu darbību.

Kā būtisks papildus informācijas avots ūdensgūtņu režīmu drošības analīzei kalpo pazemes ūdens plūsmu bilances sadalījumus, kurus dod programma Groundwater Vistas.

Tie dod datus par tiem resursiem (infiltrācija, ezeri, upes u.c.), kuri nodrošina pazemes ūdens krājumu izmantošanu ūdensgūtnēs.

Pazemes plūsmu bilance sastādīta visam hidroģeoloģiskā modeļa tilpumam (pilns modeļa laukums, četri ūdens horizonti).

# Pazemes plūsmu bilance [tūkst.m<sup>3</sup>/dnn] ūdensgūtņu izmantošanas variantiem

Slāņi	Caur slāņa	Caur slāņa	Rezultējošā (2+3)	Upes	Ezeri	Robežas	Urbumi
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Netraucētais stāvoklis</b>							
Q1	55.34	0.78	56.12	-33.89	-22.04	-0.19	0
Q2	-0.78	0.28	-0.50	0	0	0.50	0
D3gj2	-0.28	-1.16	-1.44	0	0	1.44	0
D3gj1	1.16	0	1.16	0	0	-1.16	0
<b>Kopā</b>			55.34	-33.89	-22.04	0.59	0
<b>1.variants</b>							
Q1	68.17	-45.70	22.47	-22.43	-4.99	4.95	0
Q2	45.70	-0.77	44.93	0	0	5.67	-50.60
D3gj2	0.77	1.36	2.13	0	0	8.57	-11.70
D3gj1	-1.36	0	-1.36	0	0	1.36	0
<b>Kopā</b>			68.17	-22.43	-4.99	20.55	-62.30
<b>2.variants</b>							
Q1	72.81	-59.11	13.76	-18.45	-2.22	6.91	0
Q2	59.11	-4.13	54.98	0	0	7.62	-62.60
D3gj2	4.13	4.34	8.47	0	0	20.03	-28.50
D3gj1	-4.34	0	4.34	0	0	4.34	0
<b>Kopā</b>			72.8	-18.44	-2.22	38.90	-91.10
<b>4.variants</b>							
Q1	74.14	-63.55	10.61	-17.01	-0.92	7.32	0
Q2	63.55	-8.96	54.59	0	0	8.01	-62.6
D3gj2	8.96	-4.70	4.26	0	0	25.74	-30.0
D3gj1	4.70	0	4.70	0	0	25.30	-30.0
<b>Kopā</b>			74.14	-17.01	-0.92	66.37	-122.00
<b>5.variants</b>							
Q1	80.72	-85.93	-5.21	-10.98	7.51	8.68	0
Q2	3.45	-3.45	82.48	0	0	9.52	-92.00
D3gj2	-5.10	5.10	8.55	0	0	21.45	-30.00
D3gj1		0	-5.10	0	0	5.10	0
<b>Kopā</b>			80.72	-10.98	5.51	44.75	-122.00

Bilances tabulas slānī Q1 plūsma caur slāņa augšu atbilst atmosfēras nokrišņu nodrošinātai infiltrācijai. Bilances tabula parāda, kā šī plūsma baro upes un ezerus, urbumus un plūsmu caur modeļa apgabala sānu robežām.

Netraucētajā stāvoklī praktiski nav robežu plūsmu, un upju un ezeru pazemes pietece sasniedz maksimālās vērtības, kas praktiski atbilst infiltrācijas plūsmai  $55.34 \text{ tūkst.m}^3/\text{dnn}$  jeb  $175.7 \text{ mm/gadā}$ , kas atbilst gada vidējai infiltrācijai.

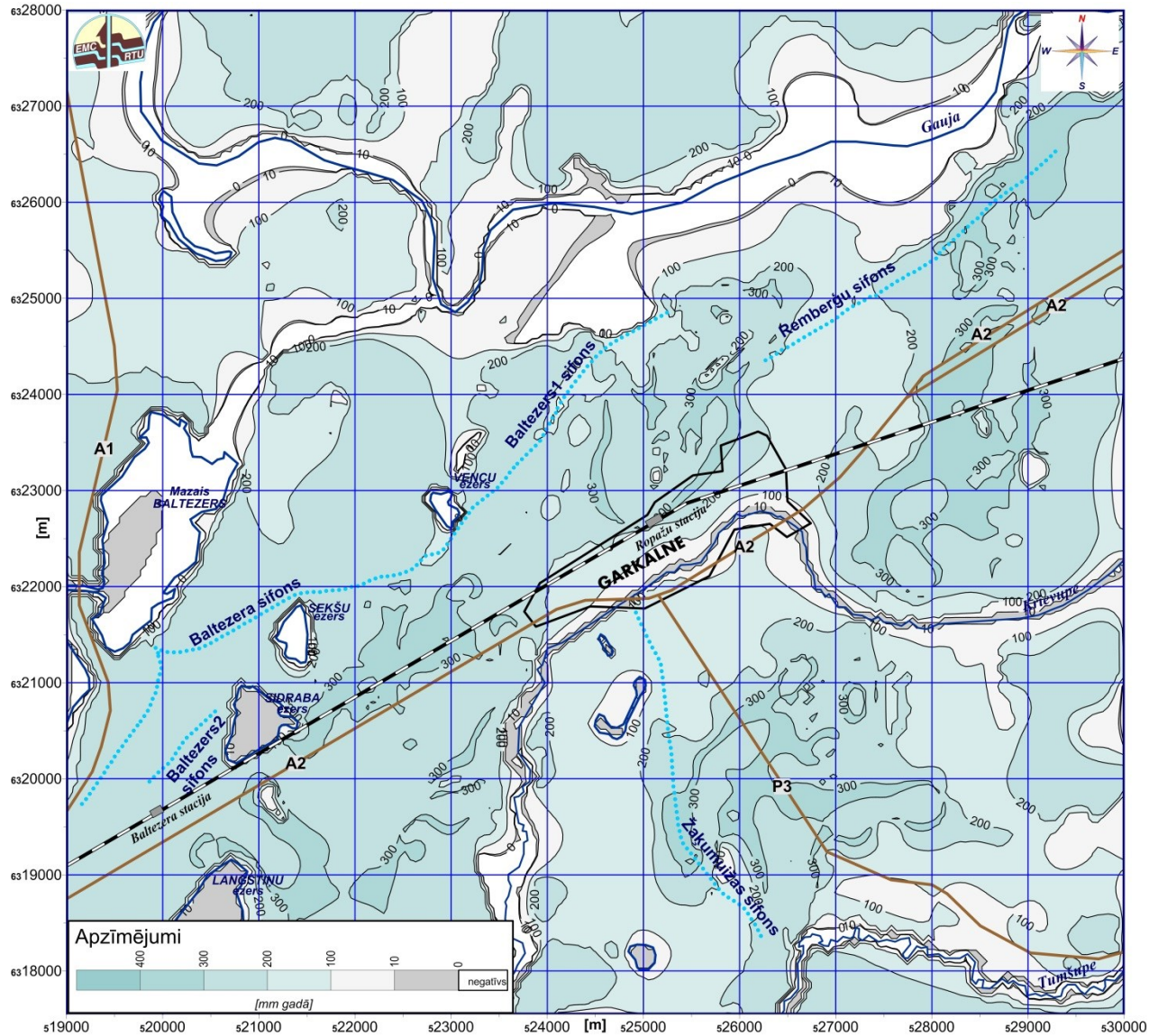
Ja darbojas ūdensgūtnes, tad pieaug infiltrācijas un robežu plūsmas, bet samazinās upju un ezeru plūsmas visiem ūdensgūtņu ražības variantiem.

Devona ūdens horizontiem ūdensgūtves darbību nodrošina galvenokārt robežu plūsmas.

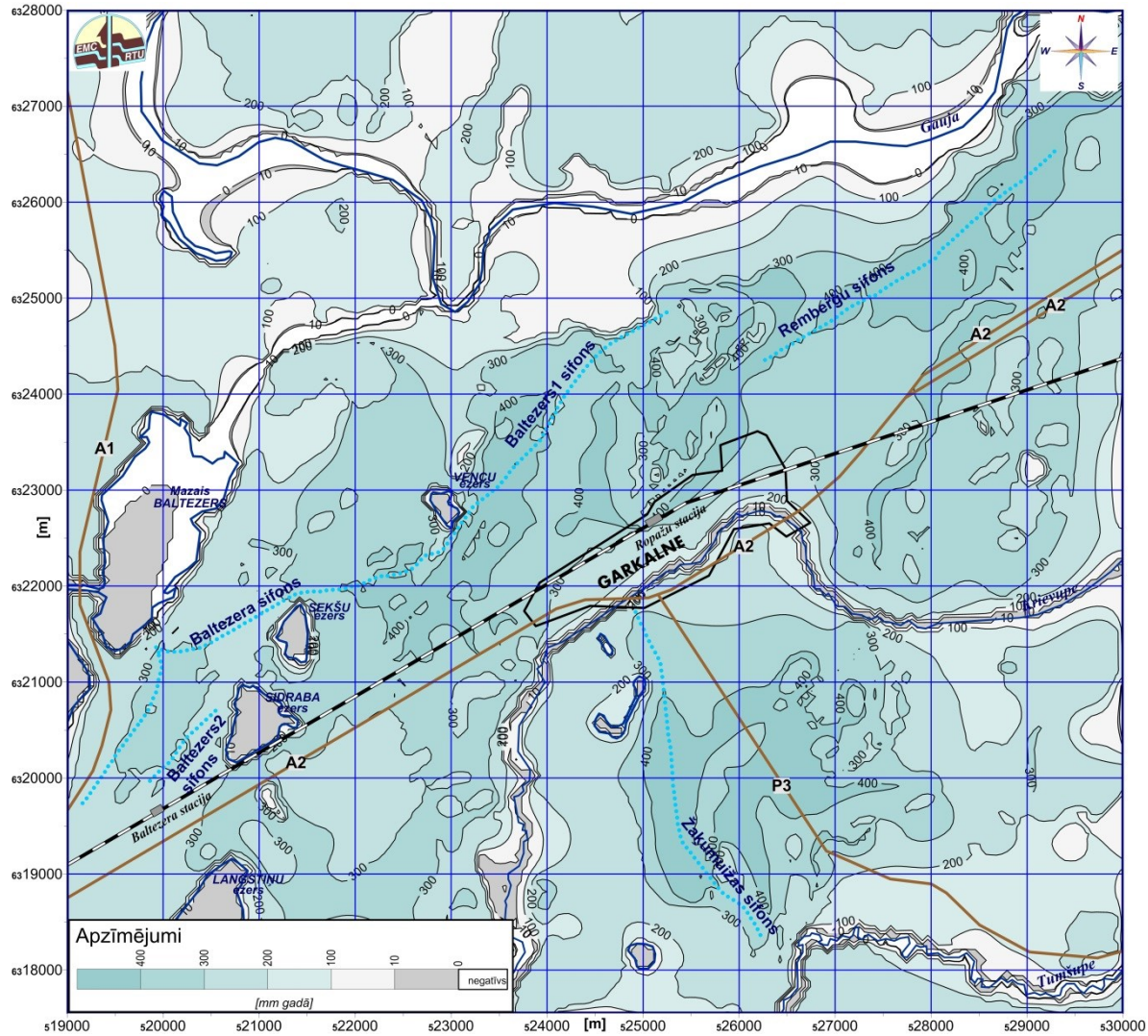
Infiltrācijas plūsmu kartes parāda, ka pat relatīvi nelielajā modeļa teritorijā eksistē ļoti komplicēts pozitīvo lejupejošo un negatīvo augšupejošo vertikālo pazemes plūsmu sadalījums, kuru ietekmē ne tikai ūdensgūtņu darbība, bet arī mazūdens apstākļi.

Parādītas infiltrācijas plūsmas kartes netraucētam stāvoklim, ūdensgūtnes ražības 2. variantā normālam un mazūdens stāvokļiem. Šim variantam atbilst maksimālā sifonu ražība.

# Infiltrācijas plūsma [mm/gadā] netraucētam stāvoklim

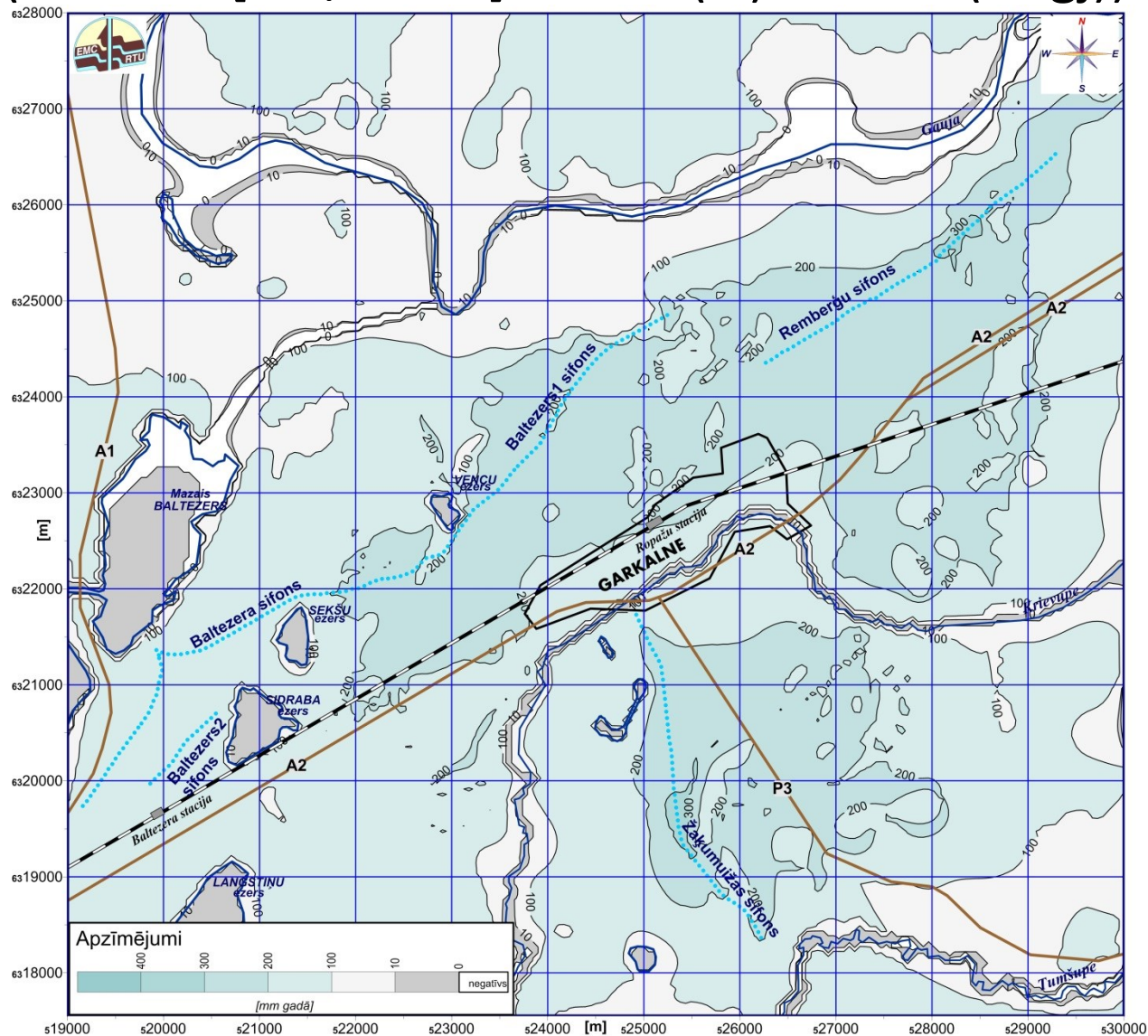


# Infiltrācijas plūsma [mm/gadā] 2. variantam ( $\Sigma=91100[\text{m}^3/\text{dienn}]=45500(Q)+ 45500(D3\text{g}j)$ )





# Infiltrācijas plūsma [mm/gadā] 2. variantam mazūdens apstākļiem ( $\Sigma=91100[\text{m}^3/\text{dienn}]=45500(Q)+ 45500(D3\text{g})$ )



## Secinājumi

Datormodelēšanas rezultāti apstiprina, ka praksē var īstenot visus ūdensgūtņu ražības variantus. Ar nelielu ražību (līdz 6000 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn) var darboties arī Baltezera-2 sifons kopā ar sifonu Baltezers-R.

Var atteikties no Daugavas virszemes ūdensgūtnes  
(3., 4., 5. varianti)