

**Rīgas Tehniskā universitāte**

**VIDES MODELĒŠANAS**

**CENTRS**

**Atzinums par derīgo izrakteņu  
ieguves atradnē „Tūrkalne” izraisītu  
hidroģeoloģiskā režīmu izmaiņu  
prognozi**

*Atskaite*

**Rīga – februāris, 2023**

## **Atzinums par derīgo izrakteņu ieguves atradnē „Tūrkalne” izraisītu hidroģeoloģiskā režīmu izmaiņu prognozi**

Līgumdarba atskaite apraksta hidroģeoloģiskā modeļa izveidi Ropažu novada dolomīta karjeram “Tūrkalne” ar modelēšanas simulāciju rezultātiem un to skaidrojumu. Aplūkota karjeru “Tūrkalne”, “Lejasnoras”, “Remīne”, “Veczvīrgzdiņi”, “Dutkas”, “Jaundutkas” un “Sienāži” savstarpējā mijiedarbība.

Pārskatā kopā ir 59 lappuses, 39 attēli un 24 tabulas.

Dr.math. I. Eglīte, Mg.sc.ing. K. Krauklis

*Adrese:*

Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs

Zunda krastmala 10 , Rīga, LV-1048, Latvija

Tālr. +371 22023316, +371 67089511

E-pasts: [Irina.Eglite@rtu.lv](mailto:Irina.Eglite@rtu.lv)

URL: <http://emc.rtu.lv>

## Saturs

1	Ievads.....	3
2	Hidroģeoloģiskā modeļa uzbūve .....	6
3	Karjera Tūrkalne izstrāde atsevišķi .....	12
3.1	Esošā situācija pirms izstrādes .....	12
3.2	Karjera Tūrkalne izstrāde visos tā laukumos vienlaicīgi .....	13
3.3	Karjera Tūrkalne izstrāde secīgi pa etapiem .....	14
3.3.1	Pirmais etaps.....	14
3.3.2	Otrais etaps .....	16
3.3.3	Trešais etaps .....	17
3.3.4	Ceturtais etaps.....	19
3.3.5	Piektais etaps .....	20
3.4	Pieejū salīdzinājums .....	22
4	Karjera Tūrkalne izstrāde vienlaicīgi ar Lejasnoras .....	24
4.1	Esošā situācija pirms izstrādes .....	24
4.2	Visu Tūrkalne laukumu izstrāde .....	25
4.3	Karjera Tūrkalne izstrāde secīgi.....	27
4.3.1	Pirmais etaps.....	27
4.3.2	Otrais etaps .....	29
4.3.3	Trešais etaps .....	32
4.3.4	Ceturtais etaps.....	34
4.3.5	Piektais etaps .....	36
5	Karjera Tūrkalne izstrāde kopā ar visiem tuvējiem karjeriem .....	38
5.1	Esošā situācija .....	38
5.2	Visu Tūrkalne laukumu izstrāde .....	40
5.3	Tūrkalne izstrāde secīgi.....	43

5.3.1	Pirmais etaps.....	43
5.3.2	Otrais etaps .....	45
5.3.3	Trešais etaps .....	47
5.3.4	Trešais etaps ar pastiprinātu aizsargsienu.....	49
5.3.5	Trešā etapa versiju salīdzinājums .....	51
5.3.6	Ceturtais etaps.....	52
5.3.7	Piektais etaps .....	54
6	Rekomendācijas.....	56
7	Literatūras saraksts .....	58

## 1 Ievads

Pamatojoties uz 2023. gada līgumu starp Rīgas Tehnisko universitāti un SIA “Zemes Puse” (Pasūtītājs) veikta hidroģeoloģiskā modelēšana dolomīta atradnei “Tūrkalne” Ropažu novadā. Tās mērķis ir novērtēt pazemes ūdens režīma izmaiņas un to ietekmi uz apkaimē esošām viensētām un dabas liegumu “Lielie Kangari”. Tūrkalnes karjera tiešā tuvumā atrodas karjers “Lejasnoras”, tāpat arī karjeri “Ārēni” un “Kalnagrāvīši”.

Tūrkalnes atradnes iespējamā pazemes ūdens mijiedarbības zonā atrodas karjeri:

1. “Remīne”, izstrāde iepriekš un perspektīvā;
2. “Dutkas”, divi laukumi, izstrāde pašreiz;
3. “Jaundutkas”, izstrāde pašreiz;
4. “Veczvirgzdiņi”, izstrāde perspektīvā;
5. “Sienāži”, izstrāde pašreiz.

Visi iepriekšminētie karjeri izstrādes gaitā tiek nosusināti dolomīta ieguvei, kas veido pazemes ūdens līmeņu pazemināšanos jeb depresijas piltuvi karjerā un tuvākā apkārtnē. Pētījuma gaitā izvērtēta mijiedarbība Tūrkalne karjeram ar apkārtnē esošiem karjeriem, tāpat aprēķināts atsūknējamā ūdens daudzums, kas ir nepieciešams karjeru nosusināšanai līdz to izstrādes pamatnei. Atbilstoši Pasūtītāja plānam, dolomīta ieguve karjerā Tūrkalne sāksies pēc karjeru “Ārēni” un “Kalnagrāvīši” izstrādes apturēšanas vai pabeigšanas. Līdz ar to šo karjeru nosusināšanas radītās depresijas piltuves šajā pētījumā netiks ņemtas vērā.

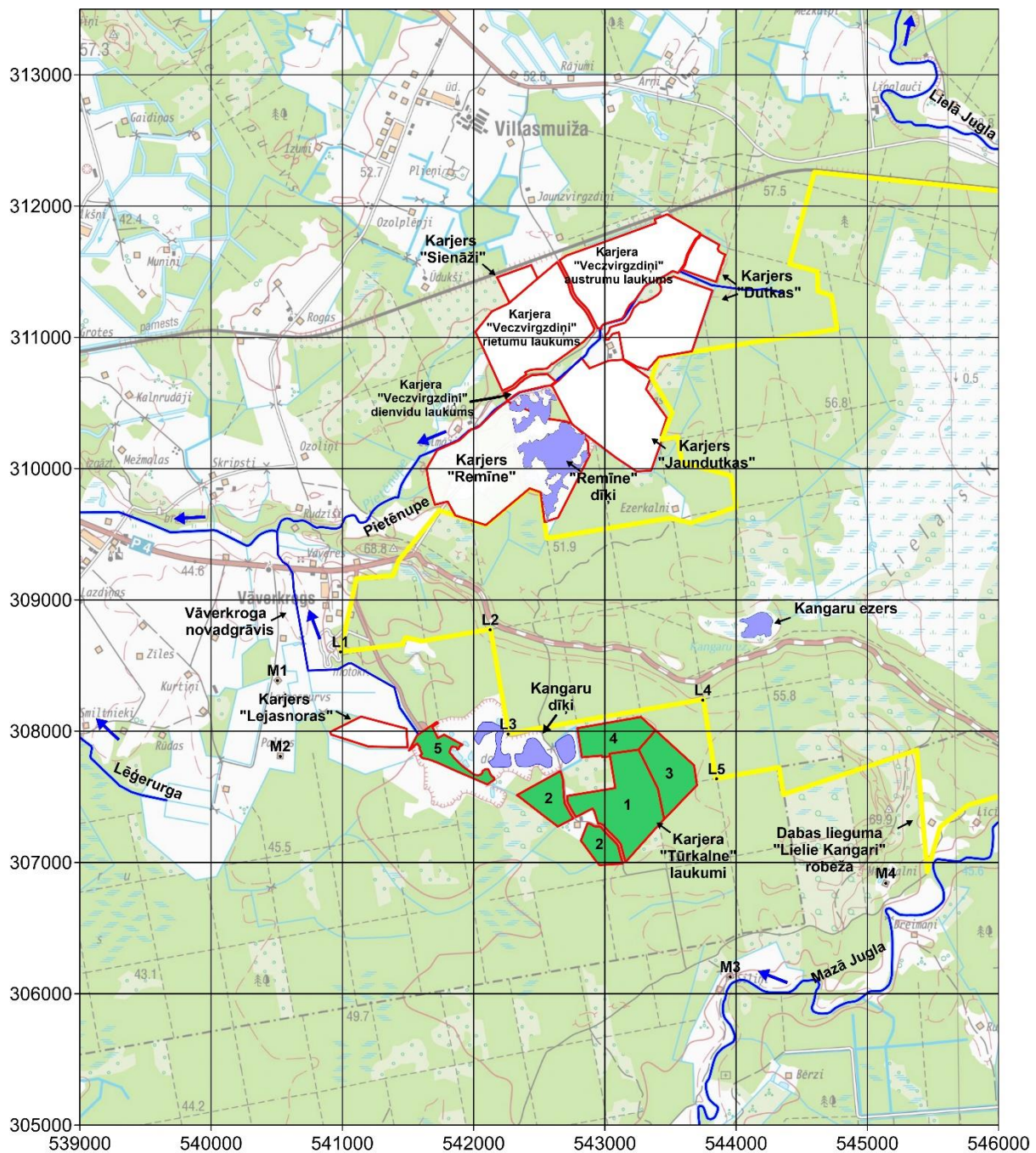
Karjeru un citu hidroģeoloģiskā modelēšanā nozīmīgu objektu novietojums uz ģeogrāfiskās kartes atradnes Tūrkalne tuvumā redzami 1.1. attēlā. Apskatāmā apgabalā hidrogrāfiskam tīklam pieder:

1. Upes: Lielā Jugla, Mazā Jugla, Pietēnupe, Vāverkroga novadgrāvis, Lēģerurga.
2. Ezeri: divi “Remīne” dīķi, trīs Kangaru dīķi un Kangaru ezers.
3. Meliorācijas grāvju tīkls.

Apvidū nozīmīgs ir dabas liegums “Lielie Kangari” un karjera Tūrkalne tuvumā esošās viensētas ar esošām pazemes ūdens ieguves akām. Karjeru Tūrkalne, atbilstoši

Pasūtītāja sniegtajiem datiem, ir paredzēts izstrādāt secīgi piecos etapos. Katram etapam atbilstošie laukumi ir atzīmēti 1.1. att.

Uz kartes 1.1. att. izvietoti punkti ar A, L un M grupas šifriem, kas turpmāk tiks izmantoti kā virtuāli monitoringa urbumi. Šifri M1-M4 attiecas uz tuvējo māsaimniecību akām, bet L1-L5 attiecas uz liegumu "Lielie Kangari", atšifrējumi doti Tabula 1-1.



1.1. att. Tūrkalne un tuvējā apkārtnē

Tabula 1-1. Virtuālie monitoringa urbumi

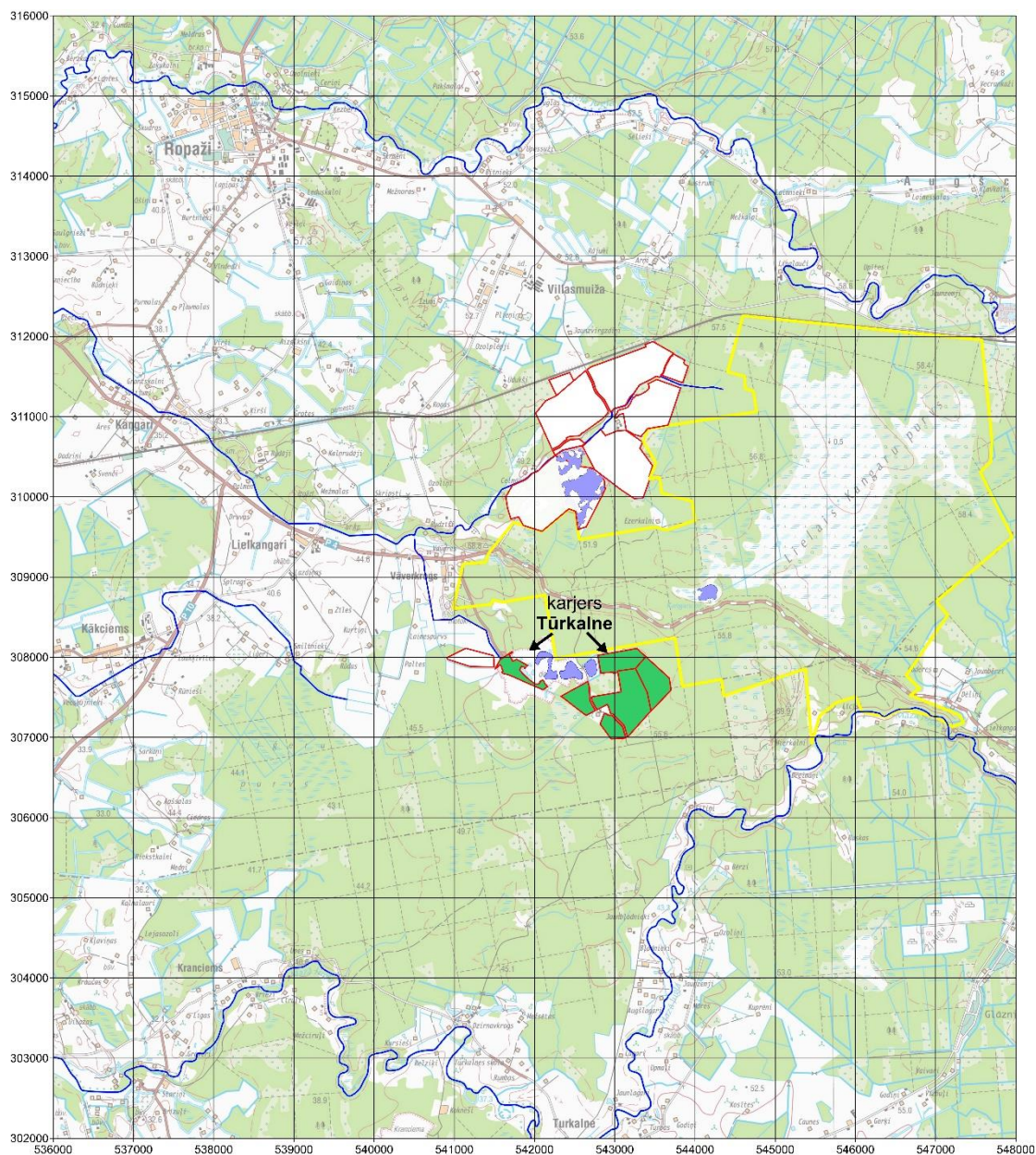
Šifrs	Objekts	Virtuālā urbuma slānis
L1	Kangari	Q2
L2	Kangari	Q2
L3	Kangari	Q2
L4	Kangari	Q2
L5	Kangari	Q2
M1	Laimespurvs	D3dg
M2	Paltes	D3dg
M3	Siliņi	D3dg
M4	Mierkalni	D3dg

Kangaru liegumam piekritīgie virtuālie monitoringa urbumi izvēlēti gar lieguma tuvējo malu un noteiktu depresijas piltuves ietekmi jau uz tā malas. Mājas M1-M5 tika izvēlētas kā tuvākās karjeram Tūrkalne, to aku ūdens līmenis var tikt ietekmēts karjera ūdens atsūknēšanas laikā.

Tūrkalnes karjera izstrādes plāns uzskatāms par inovatīvu, saistībā ar centieniem samazināt šī procesa ietekmi uz apkārtējo vidi, konkrēti – uz dabas liegumu “Lielie Kangari”. Plāna realizācijas efektivitāte tiks prognozēta, izmantojot hidroģeoloģisko modelēšanu.

## 2 Hidroģeoloģiskā modeļa uzbūve

Hidroģeoloģiskais modelis (HM) Tūrkalnei un tuvējai apkārtni tika būvēts izmantojot LAMO4 [1], [2], pielāgojot karjeru “Lejasnoras” [3], “Veczvirgzdiņi” [4] un “Remīne” hidroģeoloģisko modeli šim uzdevumam. Modelī iekļauts 12x14 km apgabals, skat. 2.1. att.



2.1. att. Modelī iekļautais apgabals

Modeļa apgabala ziemeļu daļā ievērojama ietekme ir upei Lielā Jugla, bet dienvidos – upei Mazā Jugla. Tāpat pilnībā iekļauta dabas lieguma “Lielie Kangari” teritorija ar tajā esošo Lielo Kangaru purvu. Modeļa apgabalā iekļautas vairākas apdzīvotās vietas, no kurām lielākais ir ciemats Ropāži.



Modelis būvēts Groundwater Vistas 8 vidē [5], ar modeļa režģa aproksimācijas soli 10 metri. Modelī iekļauti 7 slāņi, no reljefa līdz D3pl horizontam ieskaitot. Līdz ar to modelī ir  $7 \times 1200 \times 1400 = 11760000$  režģa mezgli.

Tabula 2-1. Vertikālā shematizācija un slāņu īpašības

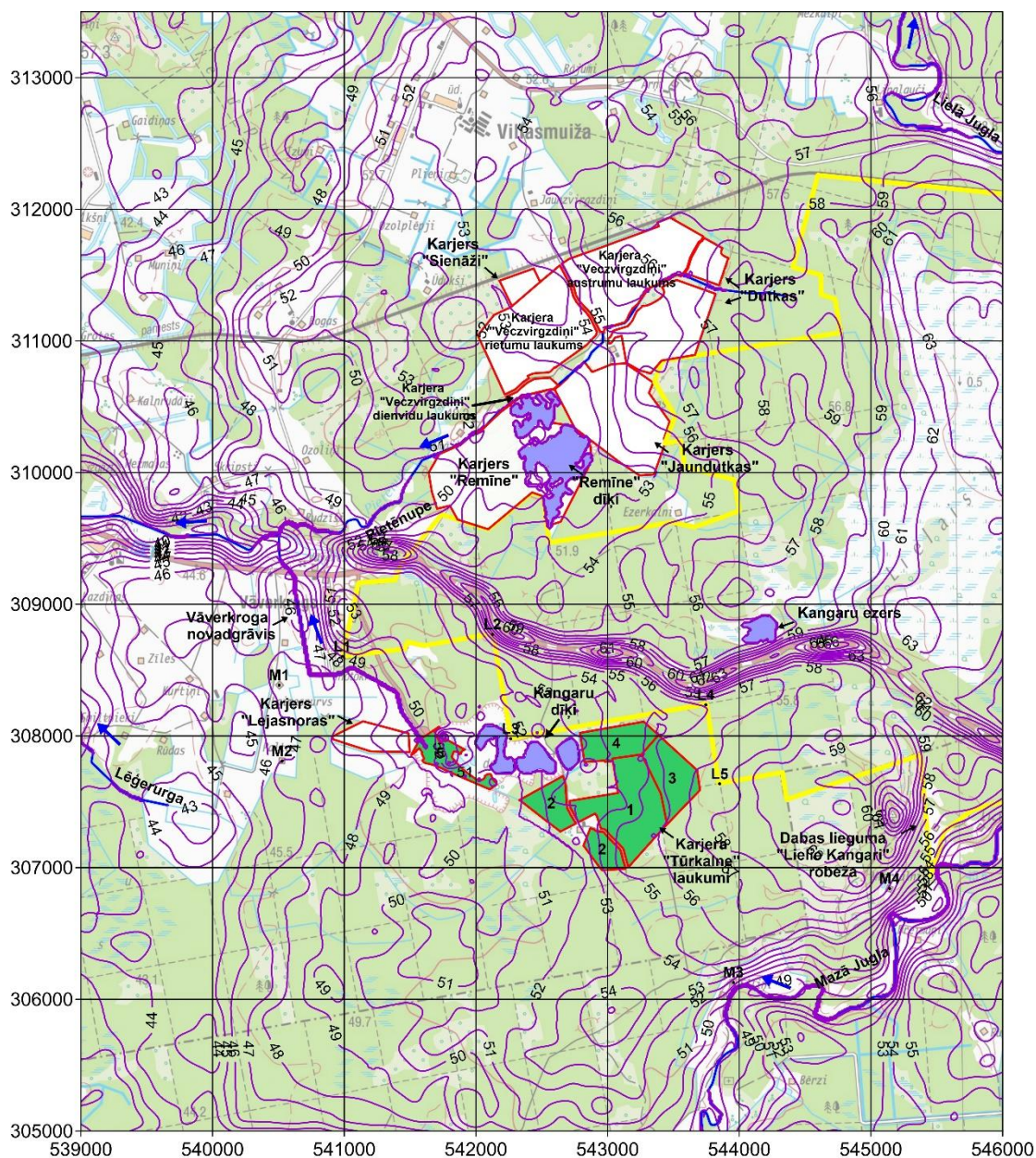
Slāņa Nr.	Slāņa nosaukums	Slāņa šifrs	Slāņa biezums [m]	Filtrācijas koeficients [m/dnn]	Piezīmes
1.	Reljefs	rel	0.02	10	karte kā robežnoteikums
2.	Aerācijas zona kā sprosts slānis	aer	mainīgs	$10^{-4} - 10^{-5}$	nepieciešama kalibrācija
3.	Kvartāra ūdens horizonts	Q2	mainīgs	5	Pieslēdz hidrogrāfisko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

Reljefa virsma modelim tika interpolēta, izmantojot LĢIA digitālā reljefa modeļa virsmu [6] un tajā iestrādājot upes un ezerus. Papildus, karjera Tūrkalne licences apgabalā tika iestrādāti reljefa virsmas augstumi, atbilstoši Pasūtītāja iesniegtajiem mērījumu datiem. Ir aktualizēti Kangaru dīķu un Remīnes dīķu kontūri. Zemes virsma modelī iekļauta gan kā slāņa virsma, gan arī kalpo kā hidroģeoloģiskā modeļa robežnoteikumi, reljefa virsmas karte skat. 2.2. att.

Aerācijas zona aer modelī ir sprosts slānis, ar to tiek kalibrēta virszemes nokrišņu infiltrācija.

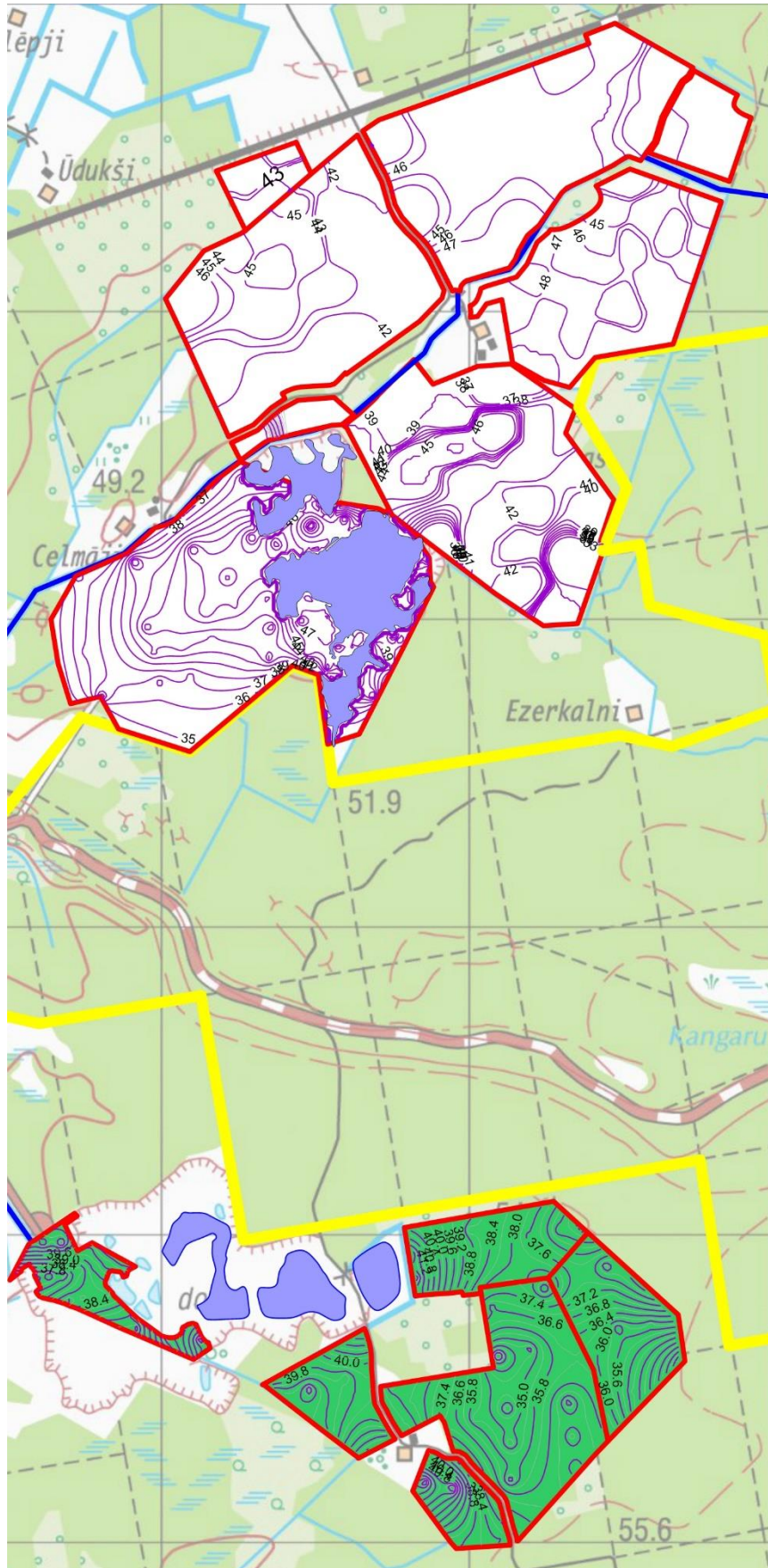
Kvartāra ūdens horizonts Q2, slānis ar smilšu, aleirītu nogulumiem. Modelī šajā slānī kā robežnoteikumi tiek piesaistīti upes, ezeri un meliorācijas grāvji. Hidrogrāfiskā tīkla esošā ģeometrija ģeotelpisko datu veidā ņemta no LĢIA, sakrīt ar esošajā kartē attēlotiem. Upju ūdens līmeņa vērtības interpolētas, izmantojot ūdens līmeņa atzīmes uz upēm un ievērojot reljefa izmaiņas. Ezeriem tika uzdotas konstantas zināmās ūdens līmeņu vērtības no ūdens līmeņu atzīmēm. Meliorācijas grāvju ūdens līmeņu noteikšanai tika izmantota VMC metodika [7]. Ņemot vērā to, ka tika piesaistīti kā

robežnoteikumi atradnei Tūrkalne tuvākie meliorācijas grāvji, piesaistes slānis ir atšķirīgs no slāņa, kurā paredzēta atsūkņošana, tāpat arī grāvju nelielais platums un līdz ar to arī kopējā ietekme uz depresijas piltuvi ir nemanāma.



2.2. att. Modeļa reljefa virsmas karte [m vjl]

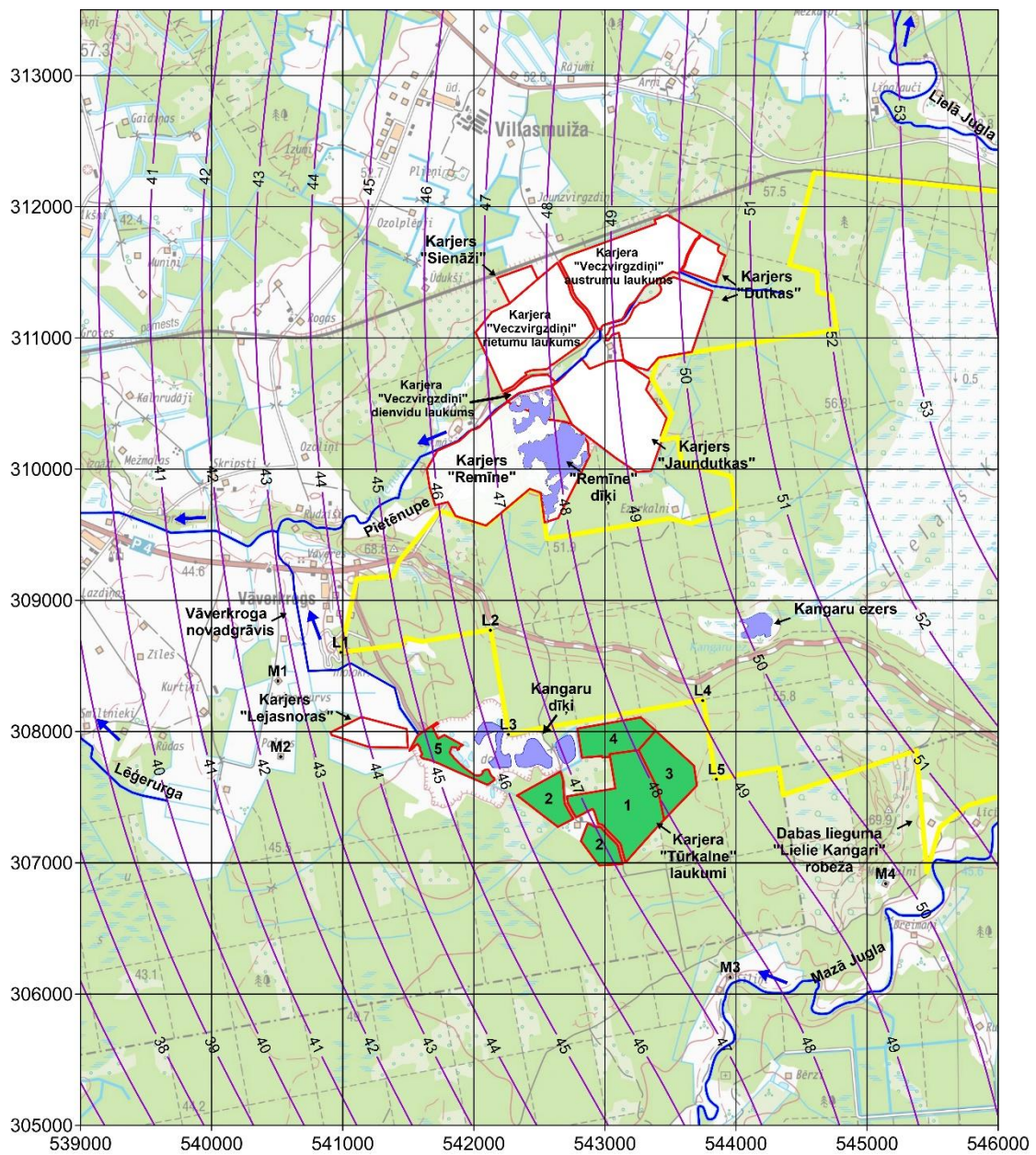
Kvartāra sprosts slānis gQ2z atdala horizontu Q2 no pamatiežu horizonta D3dg#. Pamatiežu horizonts D3dg#, kurā atrodas dolomīta ieguves atradne Ropažu novadā. Slāņa ģeometrija interpolēta no LAMO4. Daugavas D3dg slāņa virsma precizēta interpolējot no Pasūtītāja saņemtos urbumu datus "Tūrkalnei", "Remīnei", "Vecvirgzdiņiem", "Dutkām", "Jaundutkām" un "Sienāžiem", skat. 2.3. att.



2.3. att. Karjeru licences laukumu pamatņu iestrāde modelī

Iegūtā interpolētā karjeru pamatne tiks izmantota modelī ne vien D3Dg slāņa apakšas ģeometrijā, bet arī modelējot dažādos atsūknēšanas scenārijus karjeriem. Sprostslānis D3slp#z būtiski samazina horizonta D3pl ietekmi uz hidroģeoloģiskajiem apstākļiem karjeros. Slāņa ģeometrija interpolēta no LAMO4.

Horizonts D3pl modelī iekļauts kā ģeometriska virsma, kopā ar D3pl ūdens līmeņu karti kā robežnoteikumiem, skat. 2.4. att. Datu avots LAMO4.



2.4. att. D3pl ūdens līmeņu izolīnijas [m vjl]

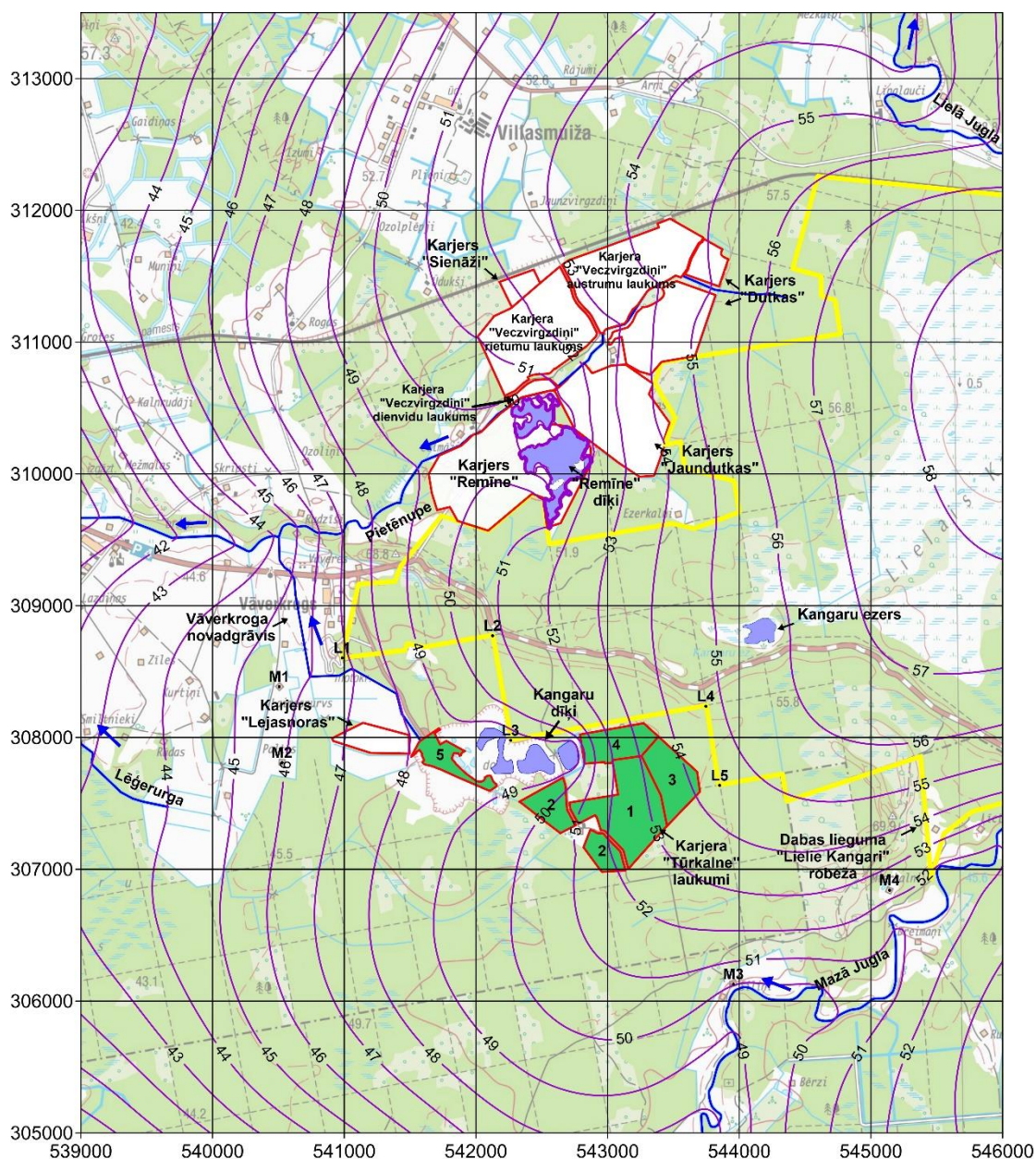
Izstrādātais modelis ir ar izmaiņu modelēšanas uzdevumu. Atsevišķa karjera modelēšanas gadījumā tāds var būt modelis ar trim slāņiem, konstantu virsmu biezumu un līmeņiem. Noteicošie parametri izmaiņu modelim ir slāņa biezums, filtrācijas koeficients un nepieciešamais pazeminājums. Esošā modelī filtrācijas koeficients D3dg slānim ir 15 [m dienn], savukārt nepieciešamais ūdens līmenis karjeru nosusināšanai līdz pamatnei tiek iegūts no 2.3. att. D3dg slāņa apakšas augstumu kartes.

Modelis iekļauj sevī tādu detalizācijas pakāpi, kas būtu nepieciešama piesārņojuma transporta kustības modelēšanai, ko pielietojot esošam uzdevumam, ir iespējams iegūt detalizētāku ainu attiecībā uz karjeru savstarpējo mijiedarbību un pazemes ūdens plūsmas izmaiņām tuvākajiem nozīmīgiem dabas objektiem un viensētām.

### 3 Karjera Tūrkalne izstrāde atsevišķi

#### 3.1 Esošā situācija pirms izstrādes

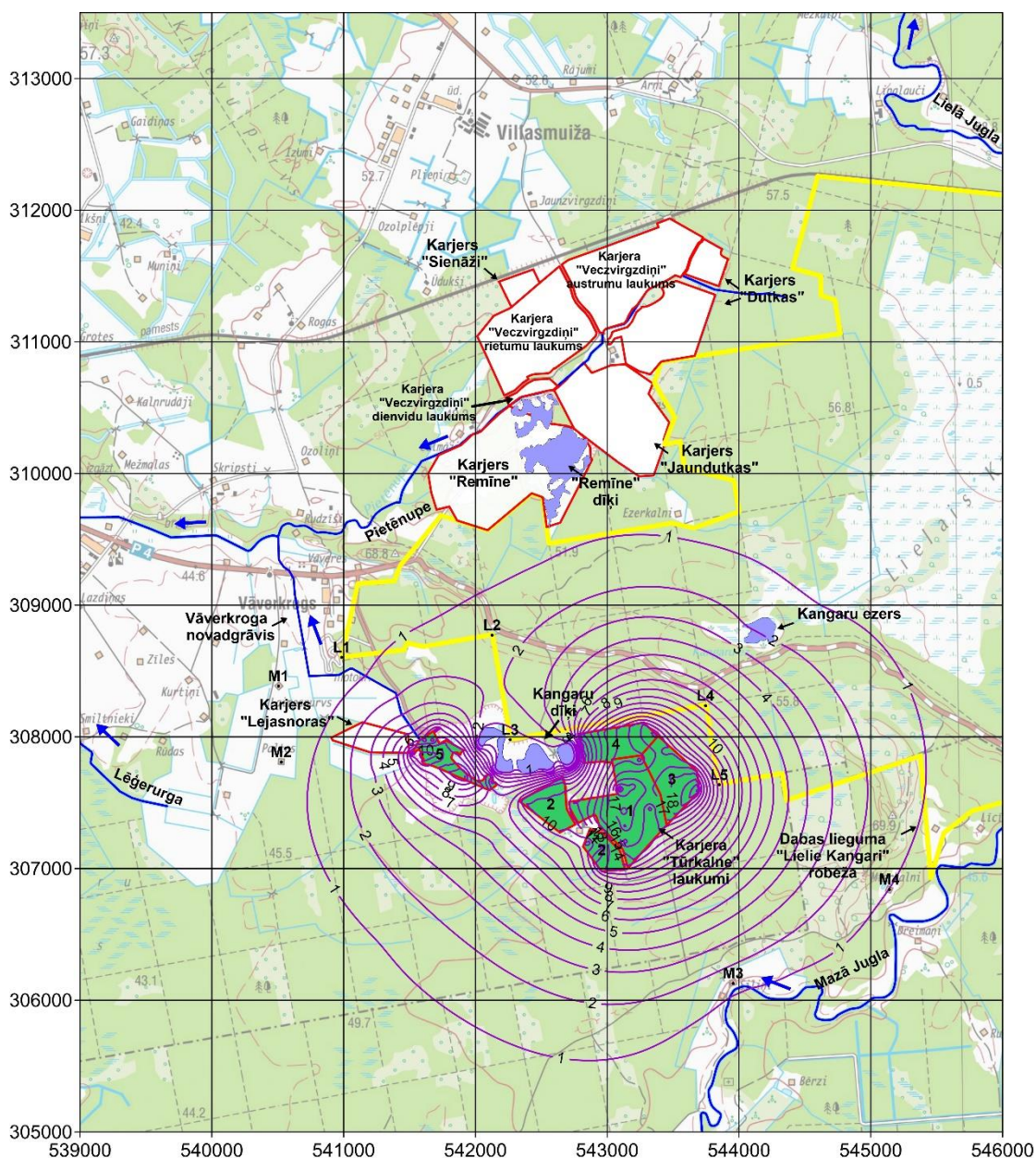
Ūdens līmeņu pazeminājums, ko rada un radīs apvidū esošo karjeru kopa, ir uz netraucētā stāvokļa dabā bāzes, kuru gan jau vairākus desmitus gadu nav iespējams novērot. Tomēr, modelēšanas līdzekļi ļauj iegūt ūdens līmeņu karti dolomīta ieguves slānim D3dg, skat. 3.1. att. Šī karte atbildīs esošai situācijai eksperimentu kopai, kur tiks darbināts karjers "Tūrkalne" bez citiem tuvumā esošiem karjeriem.



3.1. Ūdens līmeņu izolīniju karte D3dg netraucētam stāvoklim [m vjl]

### 3.2 Karjera Tūrkalne izstrāde visos tā laukumos vienlaicīgi

Karjera Tūrkalne visu piecu etapu laukumi tiek nosusināti uz 3.1. att. netraucētā pazemes ūdens līmeņu fona. Rezultātā tiek iegūta depresijas piltuve, skat. 3.2. att.



3.2. att. Depresijas piltuve karjeram Tūrkalne, visi laukumi [m]

Lai iegūtu esošo depresijas piltuvi, ir nepieciešams atsūknēt  $-21718 \text{ [m}^3 \text{ dienn]}$ . Depresijas piltuvē saskatāma Tūrkalnes rekultivēto teritoriju – Kangaru dīķu stabilizējošā ietekme.

Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālo monitoringa urbemos skatāmi Tabula 3-1. Redzams, ka karjeram tuvākajos L4 un L5 vērojamas lielas pazeminājuma vērtības. Tas norāda uz šāda scenārija negatīvu ietekmi attiecībā uz dabas liegumu “Lielie Kangari”.

Tabula 3-1. Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Tūrkalne pazeminājums [m]
L1	46.85	0.58
L2	50.89	1.54
L3	48.59	0.55
L4	54.8	7.22
L5	54.67	11.33
M1	45.65	0.31
M2	45.93	0.59
M3	50.06	1.35
M4	52.31	0.99

### 3.3 Karjera Tūrkalne izstrāde secīgi pa etapiem

Lai mazinātu karjera laukumu izstrādes ietekmi uz vidi, Pasūtītājs plāno sadalīt karjera Tūrkalne izstrādi sadalīt piecos etapos:

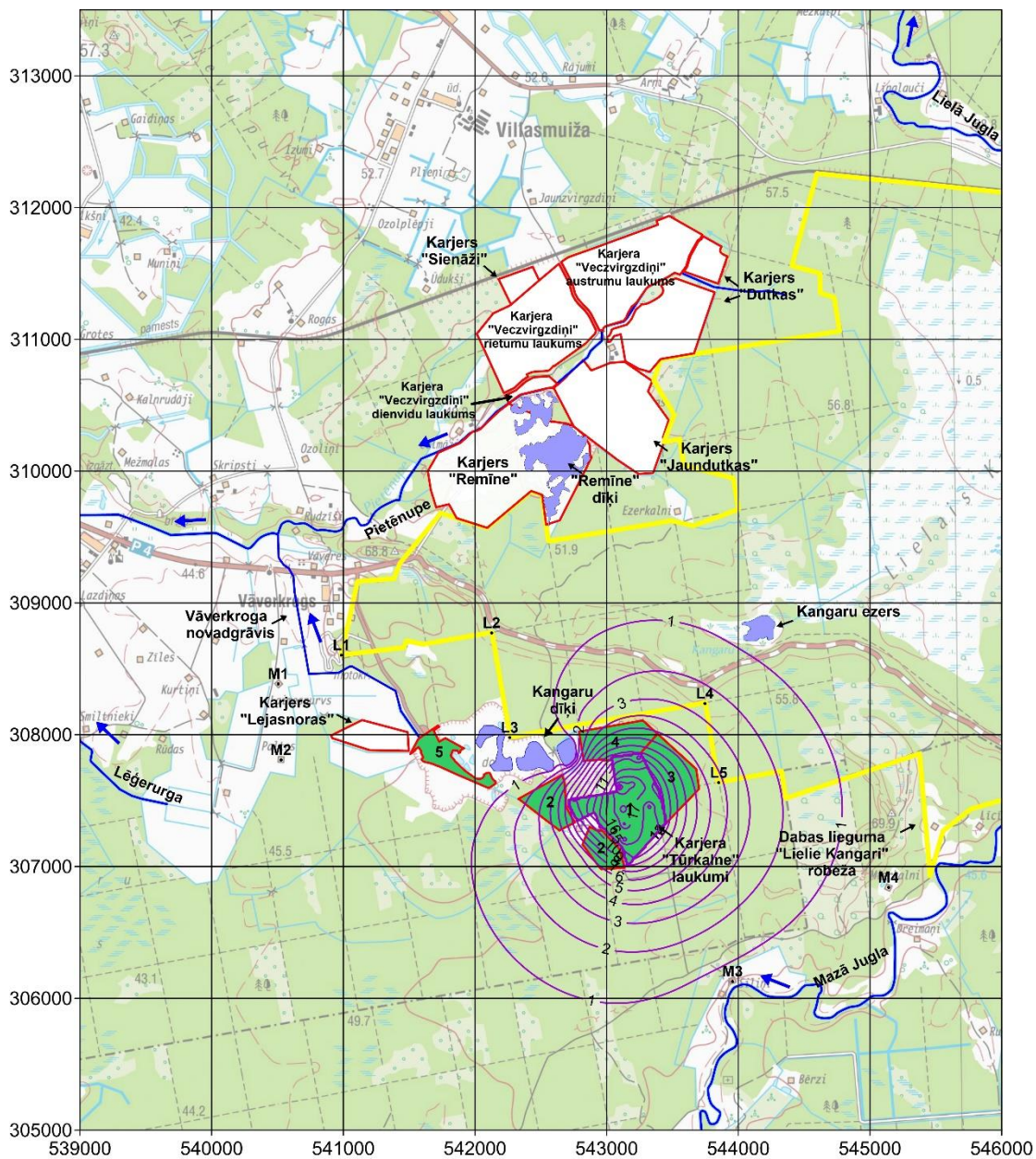
1. Ap 1 laukumu no zemes virskārtas pa laukuma perimetru tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena, kas sākas no D3dg slāņa apakšas. Pēc 1 laukuma izstrādes laukums tiek appludināts.
2. Diviem laukumiem Nr. 2 tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena.
3. Laukumam 3 tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena. Uz robežas ar pirmo laukumu tā ir 30 metru plata.
4. Laukumam 4 tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena. Uz robežas ar pirmo laukumu tā ir 30 metru plata.
5. Laukuma 5 izstrāde notiek bez zemes aizsargsienas, laukuma formas īpatnību dēļ.

Plāns paredz vairāku zemes aizsargsienu izbūvi. To izveidē būtiski ir divi parametri – aizsargsienas platums, filtrācijas koeficients. Par filtrācijas koeficientu tiek pieņemts augsnei vidējais – 0.5 [m dienn] [8].

#### 3.3.1 Pirmais etaps

Pirmajā etapā tiek izstrādāts pirmais laukums. Modelējot 1 laukumam pa perimetru tiek izbūvēta aizsargsiena, ūdens līmeņu D3dg slānī – līdz slāņa apakšai. Rezultātā tika iegūta depresijas piltuve, skat. 3.3. att., tās iegūšanai ir nepieciešams atsūknēt -7806.59 [m<sup>3</sup> dienn]. Ūdens līmeņu izmaiņas virtuālajos urbumos ir skatāmas Tabula 3-2.





3.3. att. Depresijas piltuve karjeram Tūrkalne, pirmais laukums [m]

Tabula 3-2. Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos 1 etapā

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Tūrkalne pazeminājums [m]
L1	46.85	0.03
L2	50.89	0.3
L3	48.59	0.12
L4	54.8	2.39
L5	54.67	4
M1	45.65	0.02
M2	45.93	0.04
M3	50.06	0.66
M4	52.31	0.4

Pievēršot uzmanību L5 pazeminājuma vērtībām, tad salīdzinot ar vienlaicīgas izstrādes scenāriju, ir notikusi pāreja no 11.33 metriem uz 4 metriem, kas ir ievērojams samazinājums, kas apliecina pieejas efektivitāti. Tomēr, L5 tiešā tuvumā ir 3 laukums, līdz ar to noteicošs būs rezultāts iegūt 3 etapā.

### 3.3.2 Otrais etaps

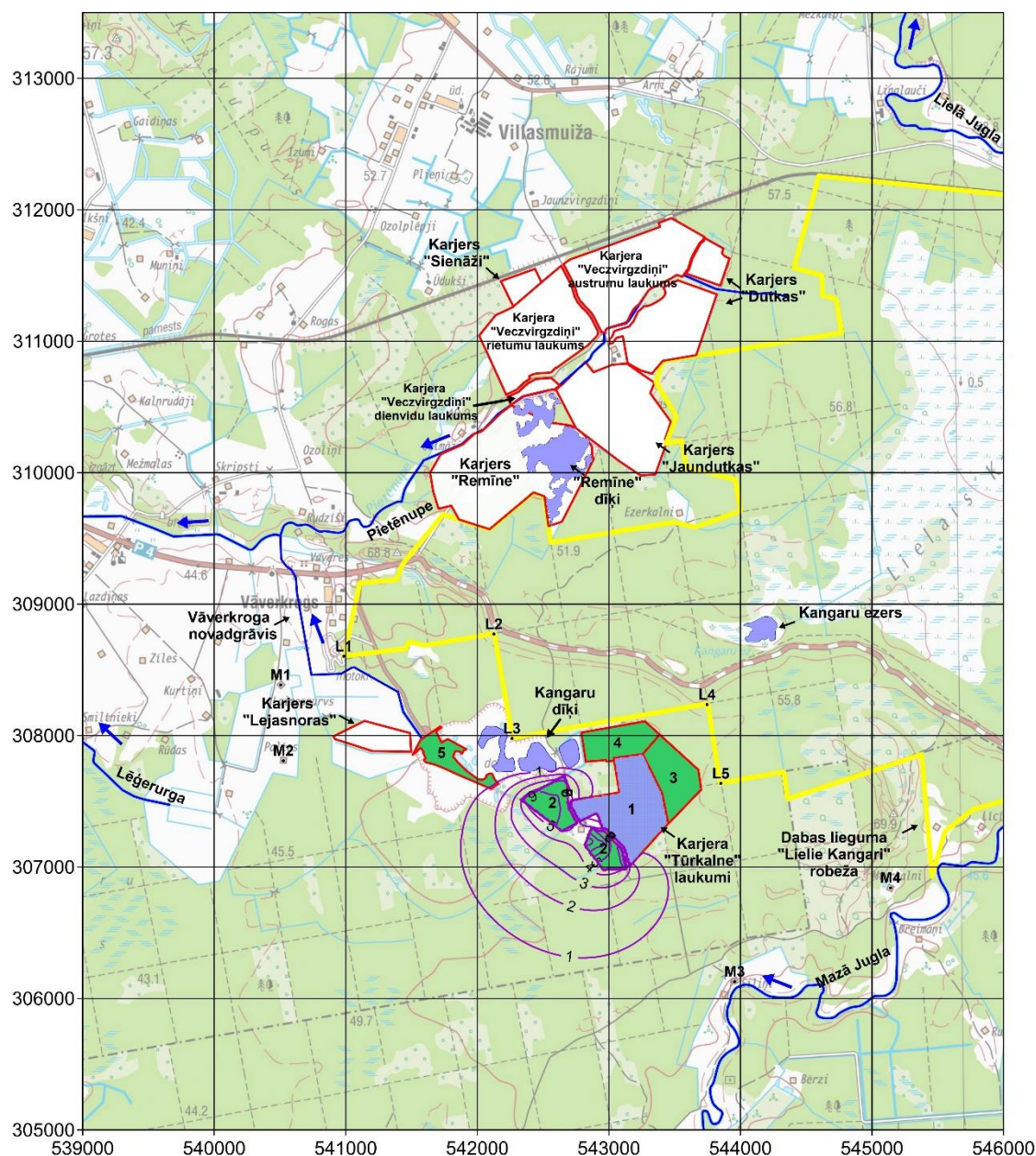
Otrajā un turpmākos etapos 1 laukums ir appludināts. Ap abiem laukumiem ar 2 numuru tiek izbūvēta zemes aizsargsiena, bet ūdens līmeņi tiek pazemināti līdz licences laukuma apakšai. Ūdens līmeņa pazeminājuma depresijas piltuve skatāma 3.4. att. Ūdens līmeņu izmaiņas virtuālajos urbumos ir skatāmas

. Jāatzīst, ka tabulas datos ir manāma neliela nesakrītība ar 3.4. att. datiem. Redzams, pazeminājums ka  $L5=1.44$  m, taču šādu pazeminājumu nevar noteikt no kartes. Tam par iemeslu ir tas, ka L1-L5 monitorings notiek Q2, nevis D3dg slānī.

Lai iegūtu nepieciešamo ūdens līmeņu pazeminājumu, no abiem laukumiem ir jāatsūknē  $-4609.6$  [m<sup>3</sup> dienn].

Tabula 3-3 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos 2 etapā

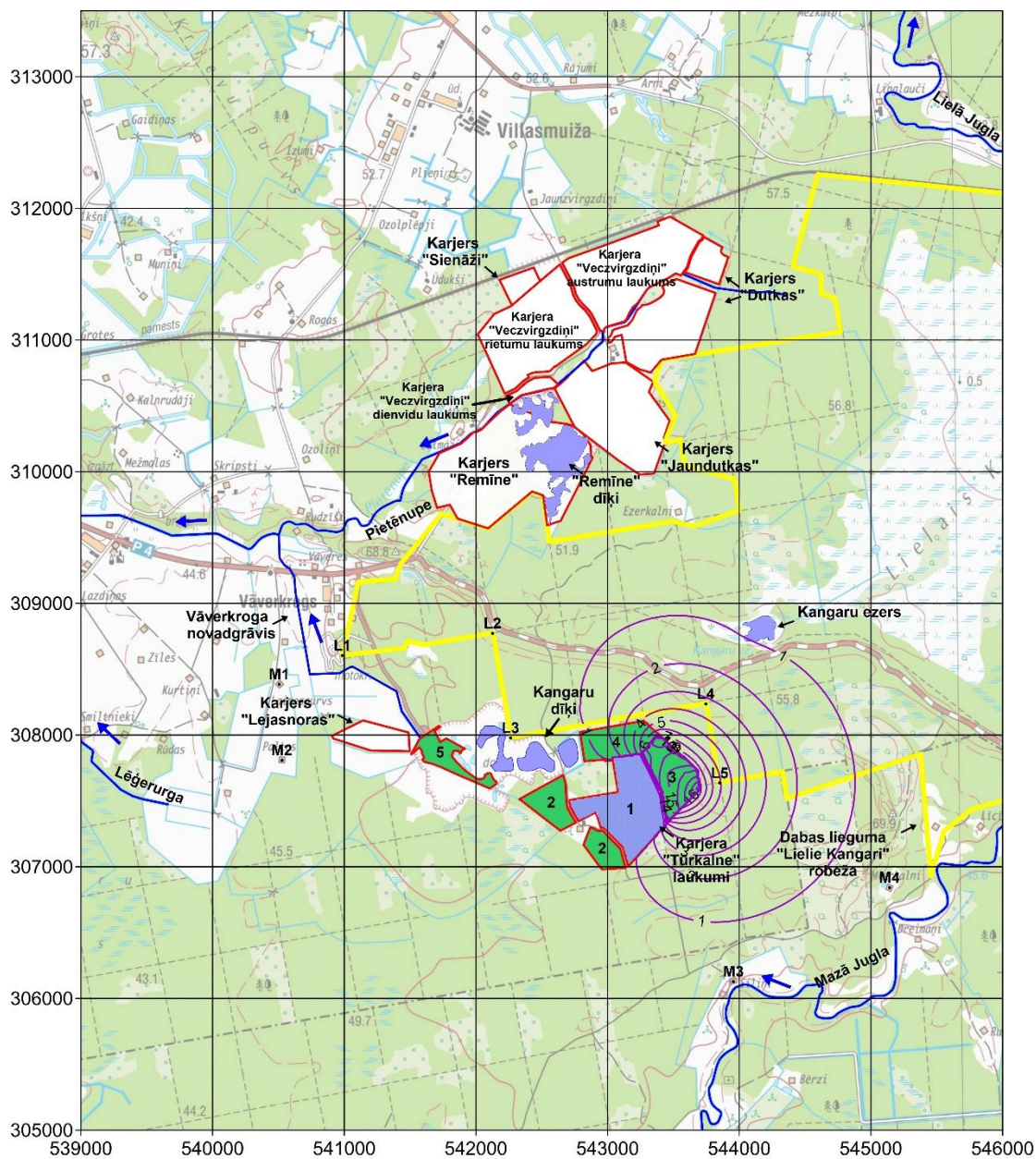
Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Tūrkalne pazeminājums [m]
L1	46.85	0.02
L2	50.89	0.11
L3	48.59	0.05
L4	54.8	0.84
L5	54.67	1.44
M1	45.65	0.02
M2	45.93	0.05
M3	50.06	0.36
M4	52.31	0.16



3.4. att. Depresijas piltuve karjeram Tūrkalne, otrais laukums [m]

### 3.3.3 Trešais etaps

Laukumam 3 tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena. Uz robežas ar pirmo laukumu tā ir 30 metru plata. Ūdens līmeņa pazeminājuma depresijas piltuve skatāma 3.5. att. Ūdens līmeņu izmaiņas virtuālajos urbumos ir skatāmas Tabula 3-4. Ņemot vērā laukuma atrašanos tiešā tuvumā dabas liegumam “Lielie Kangari”, L3 un L4 vērojamas augstas ūdens līmeņa pazeminājuma vērtības. Lai iegūtu nepieciešamo ūdens līmeņu pazeminājumu, no laukuma ir jāatsūknē  $-6766.4 \text{ [m}^3 \text{ dienn.]}$ .



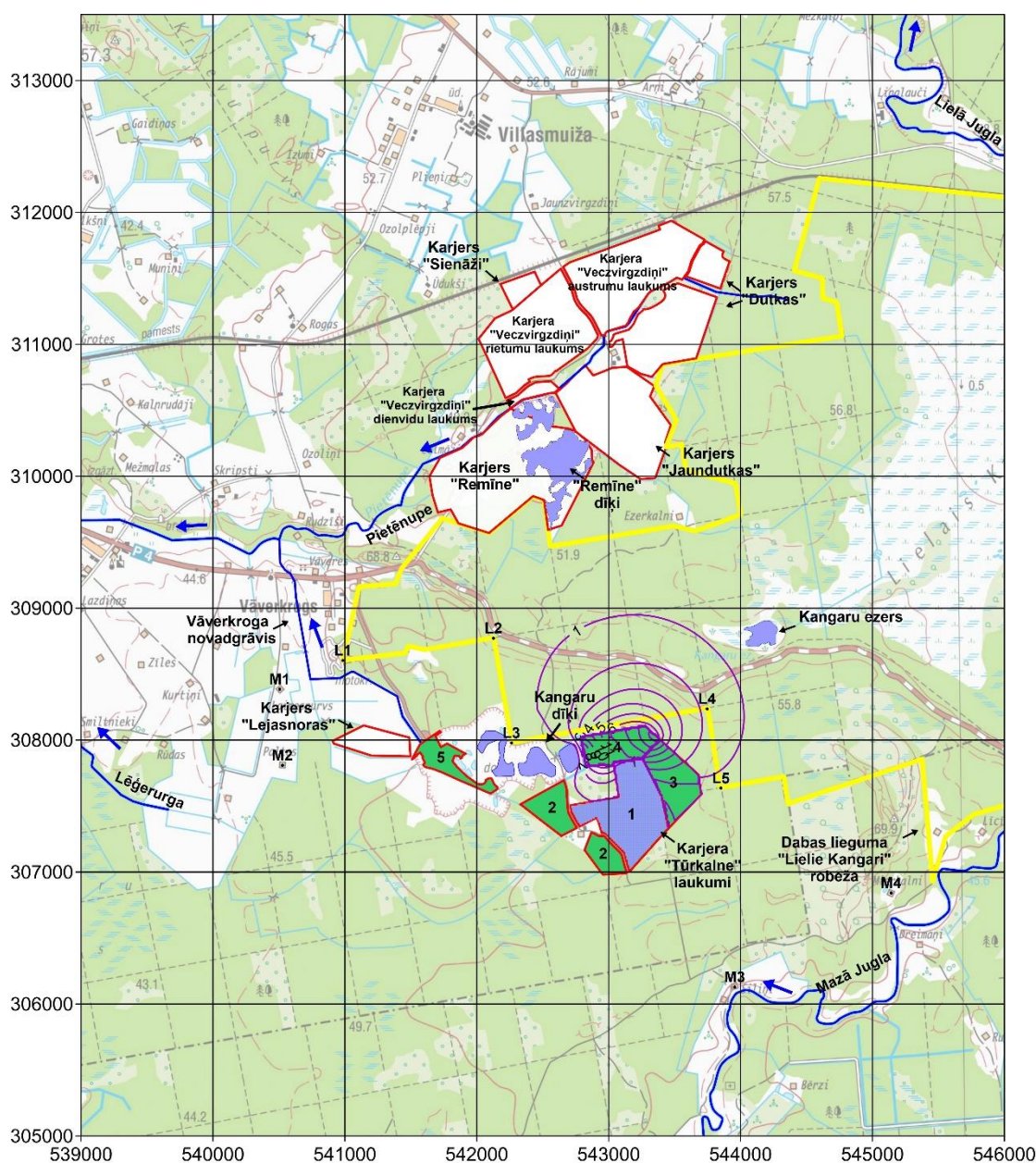
3.5. att. Depresijas piltuve karjeram Tūrkalne, trešais laukums [m]

Tabula 3-4 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, 3 etaps

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Tūrkalne pazeminājums [m]
L1	46.85	0.03
L2	50.89	0.32
L3	48.59	0.11
L4	54.8	3.94
L5	54.67	7.02
M1	45.65	0.01
M2	45.93	0.02
M3	50.06	0.5
M4	52.31	0.51

### 3.3.4 Ceturtais etaps

Laukumam 4 tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena. Uz robežas ar pirmo laukumu tā ir 30 metru plata. Ūdens līmeņa pazeminājuma depresijas piltuve skatāma 3.6. att. Ūdens līmeņu izmaiņas virtuālajos urbumos ir skatāmas Tabula 3-5. Arī šis laukums atrodas lieguma "Lielie Kangari" tiešā tuvumā, līdz ar to virtuālo monitoringa urbumos ūdens līmeņu pazeminājums pārsniedz 2 metrus. Tajā pat laikā 4 laukumam ūdens līmeņu pazeminājums vidēji pārsniedz 10 metrus. Depresijas piltuve apliecina aizsargsienu izmantošanas efektivitāti. Lai iegūtu nepieciešamo ūdens līmeņu pazeminājumu, no laukuma ir jāatsūknē -4499.01 [m<sup>3</sup> dienn].



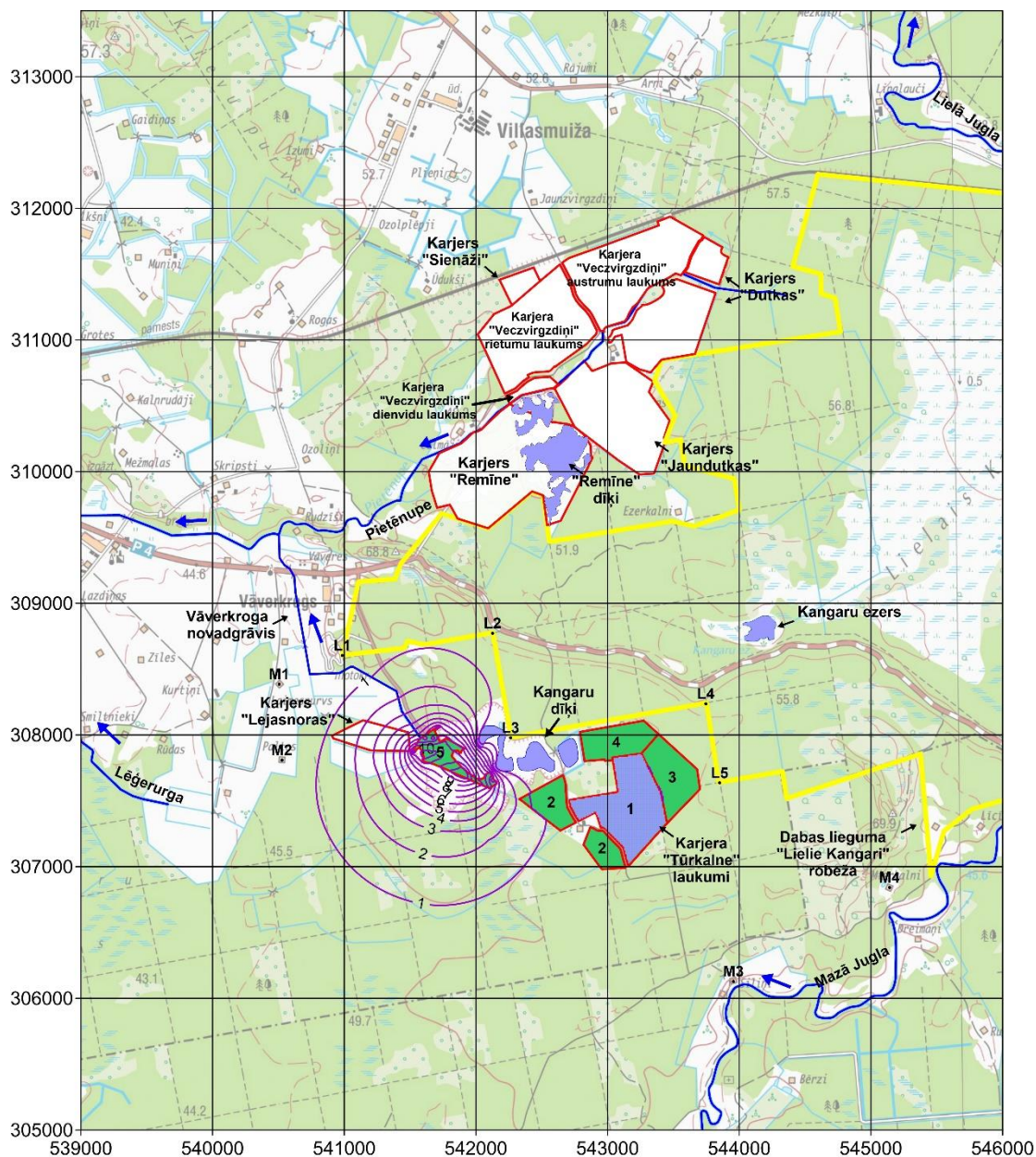
3.6. att. Depresijas piltuve karjeram Türkalne, ceturtais laukums [m]

Tabula 3-5 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, 4 etaps

<b>Virtuālā monitoringa urbuma šifrs</b>	<b>Netraucētais stāvoklis [m vjl]</b>	<b>Tūrkalne pazeminājums [m]</b>
L1	46.85	0.04
L2	50.89	0.51
L3	48.59	0.21
L4	54.8	2.51
L5	54.67	2.03
M1	45.65	0.02
M2	45.93	0.02
M3	50.06	0.23
M4	52.31	0.18

### 3.3.5 Piektais etaps

Laukuma 5 izstrāde notiek bez zemes aizsargsienas, laukuma formas īpatnību dēļ. Ūdens līmeņa pazeminājuma depresijas piltuve skatāma 3.7. att. Ūdens līmeņu izmaiņas virtuālajos urbumos ir skatāmas Tabula 3-6. Acīmredzami, piektā laukuma izstrāde jūtamai neietekmē dabas liegumu “Lielie Kangari”, tāpat arī virtuālo monitoringa urbumos novērojami ūdens līmeņa pazeminājumi ir tuvi sezonālām svārstībām. Lai iegūtu nepieciešamo ūdens līmeņu pazeminājumu, no laukuma ir jāatsūknē -5204.68 [m<sup>3</sup> dienn]. Var pieņemt, ka šī laukuma atsūknēšana vienlaicīgi ar darbojošos karjeru “Lejasnoras” būs krietni efektīvāka atsūknēšanas debitu ziņā.



3.7. att. Depresijas piltuve karjeram Tūrkalne, piektais laukums [m]

Tabula 3-6 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Tūrkalne pazeminājums [m]
L1	46.85	0.5
L2	50.89	0.6
L3	48.59	0.17
L4	54.8	0.52
L5	54.67	0.96
M1	45.65	0.28
M2	45.93	0.53
M3	50.06	0.2
M4	52.31	0.1

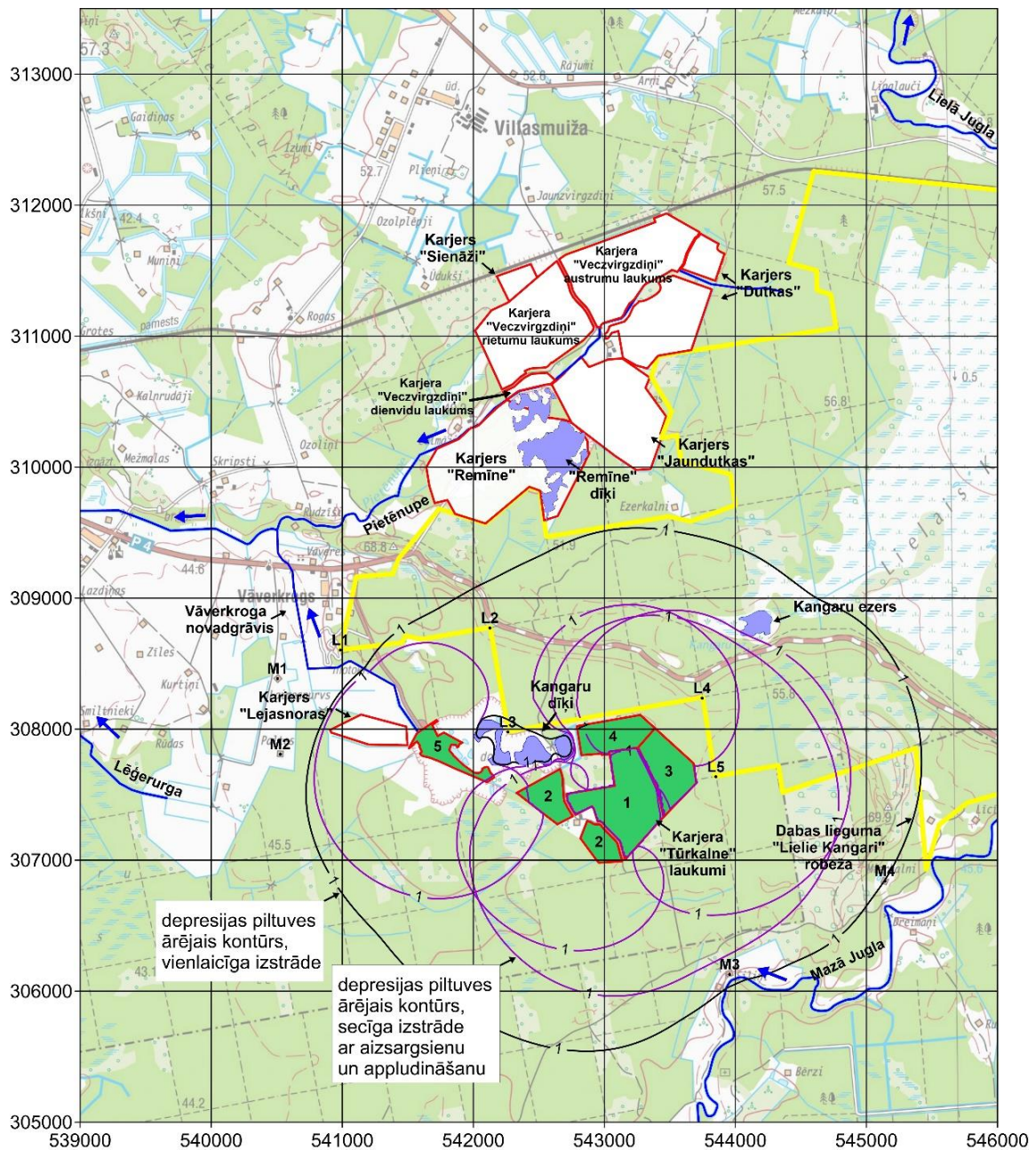
### 3.4 Pieeju salīdzinājums

Tika apskatītas divas iespējamās karjera Tūrkalne izstrādes pieejas – visu laukumu vienlaicīga izstrāde un secīga laukumu izstrāde ar aizsargsienām un appludināšanu. Ūdens līmeņa pazeminājumu abiem gadījumiem ir iespējams salīdzināt gan kontūru līmenī visam apvidum, gan arī skaitliski – apskatot apkopotos datus virtuālo monitoringa urbumos. Kontūru salīdzinājums skatāms 3.8. att. Redzams, ka pamatā secīgai izstrādes pieejai 1 metra ūdens līmeņa pazeminājuma kontūrs ir atkāpies dabas liegumā “Lielie Kangari” vairāk nekā par 500 metriem. Līdzīga situācija ir arī uz dienvidiem no Tūrkalnes karjeriem. Tikai uz rietumiem no Tūrkalnes – karjera Lejasnoras virzienā 1 metra pazeminājuma kontūrs ir gandrīz identisks. Tam par iemeslu ir piektā laukuma izstrāde, kas abās pieejās ir bez aizsargsienas, tāpat arī pirmā laukuma appludināšana piektā laukuma gadījumā sevišķi nemaina situāciju. Apskatot virtuālo urbumu datus Tabula 3-7 var redzēt, ka secīgā pieeja parāda ļoti augstu efektivitāti. Pazeminājuma starpība, (vienlaicīga izstrāde – max(secīga pieeja)) tabulas pēdējā kolonnā parāda, ka secīgā pieeja samazina ūdens līmeņu pazeminājumu par: L2=0.94m, L4=3.28m un L5=4.31m. Tādējādi, secīgā Tūrkalnes izstrādes pieeja ievērojami samazina izstrādes ietekmi uz apkārtējo vidi pazemes ūdeņi izmaiņu jautājumā.

Tabula 3-7. Ūdens līmeņu depresijas piltuvju salīdzinājums virtuālos urbumos

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Tūrkalne pazeminājums visi laukumi [m]	Tūrkalne pazeminājums pirmais laukums [m]	Tūrkalne pazeminājums otrais laukums [m]	Tūrkalne pazeminājums trešais laukums [m]	Tūrkalne pazeminājums ceturtais laukums [m]	Tūrkalne pazeminājums piektais laukums [m]	Tūrkalne pazeminājuma starpība [m]
L1	46.85	0.58	0.03	0.02	0.03	0.04	0.50	0.08
L2	50.89	1.54	0.30	0.11	0.32	0.51	0.60	0.94
L3	48.59	0.55	0.12	0.05	0.11	0.21	0.17	0.34
L4	54.80	7.22	2.39	0.84	3.94	2.51	0.52	3.28
L5	54.67	11.33	4.00	1.44	7.02	2.03	0.96	4.31
M1	45.65	0.31	0.02	0.02	0.01	0.02	0.28	0.03
M2	45.93	0.59	0.04	0.05	0.02	0.02	0.53	0.06
M3	50.06	1.35	0.66	0.36	0.50	0.23	0.20	0.69
M4	52.31	0.99	0.40	0.16	0.51	0.18	0.10	0.48



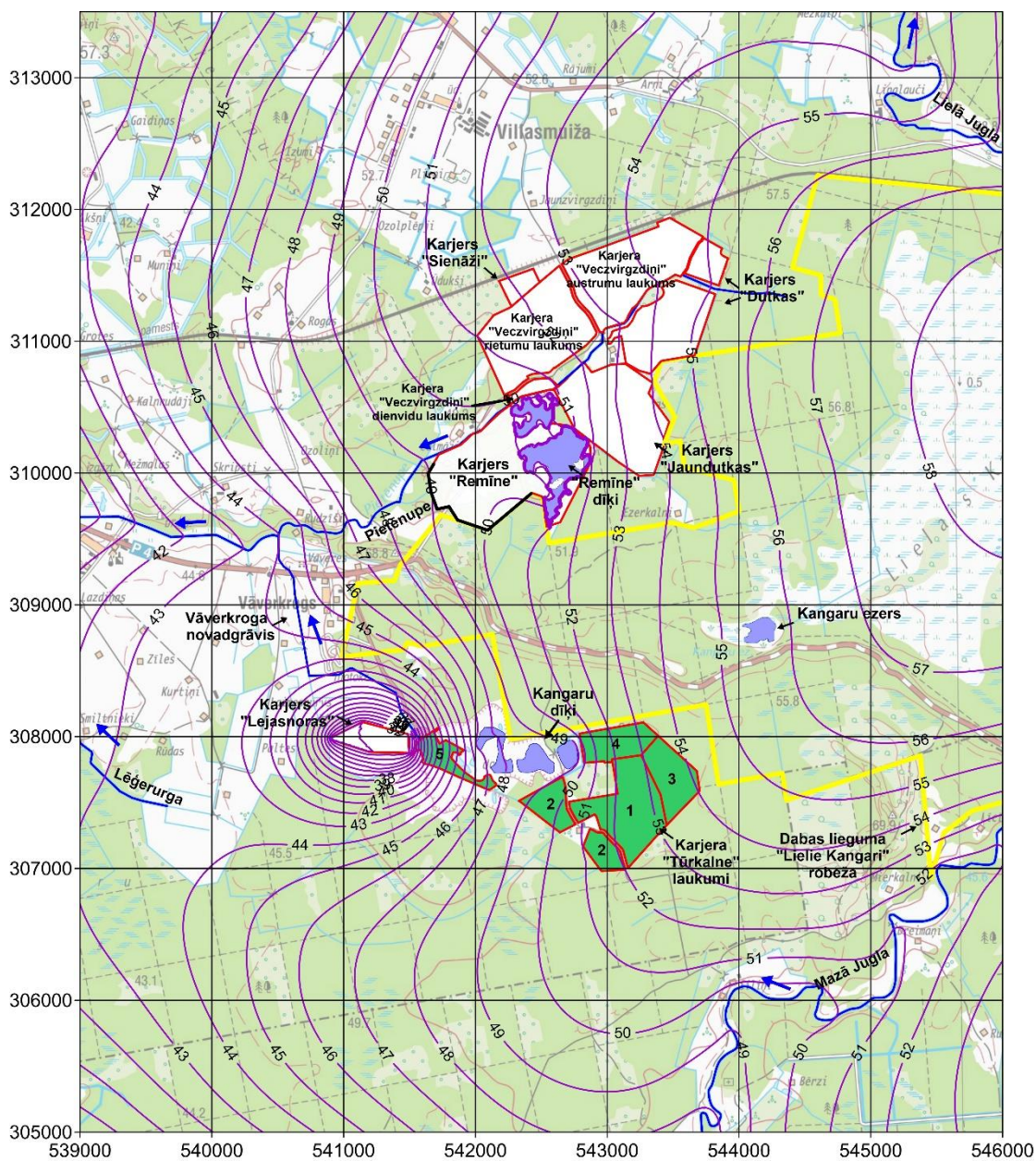


3.8. att. Ūdens līmeņu depresijas piltuvju salīdzinājums

## 4 Karjera Tūrkalne izstrāde vienlaicīgi ar Lejasnoras

### 4.1 Esošā situācija pirms izstrādes

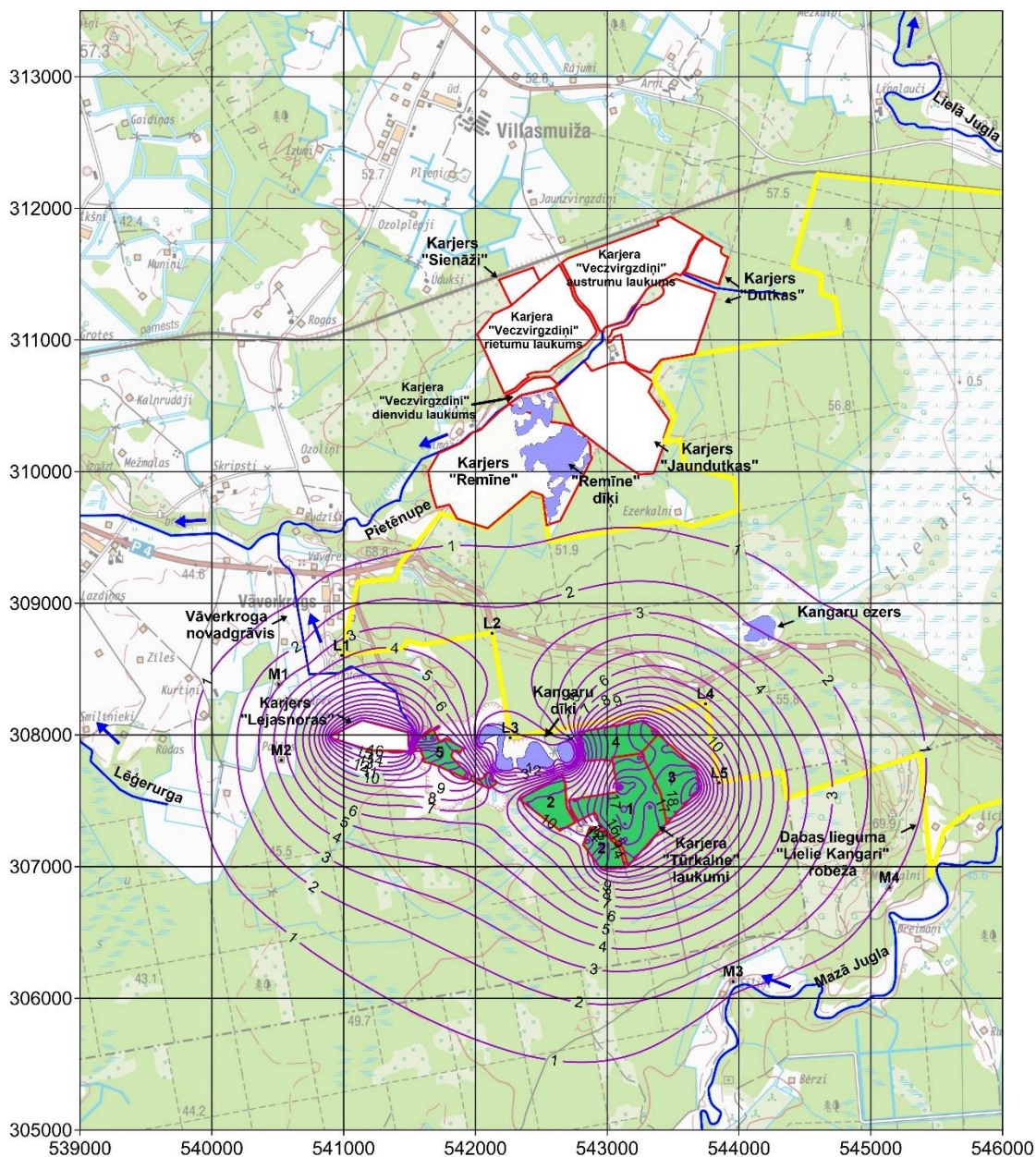
Esošajā situācijā tiek iekļauta karjera “Lejasnoras” atsūknēšana, ūdens līmeņi D3Dg skatāmi 4.1. att. Lai karjeru “Lejasnoras” atsūknētu līdz licences laukuma pamatnei, atbilstoši modeļa datiem ir nepieciešams atsūknēt  $-9558.75$  [m<sup>3</sup> dienn].



4.1. att. Ūdens līmeņi D3Dg, ja tiek atsūknēts karjers Lejasnoras

## 4.2 Visu Tūrkalne laukumu izstrāde

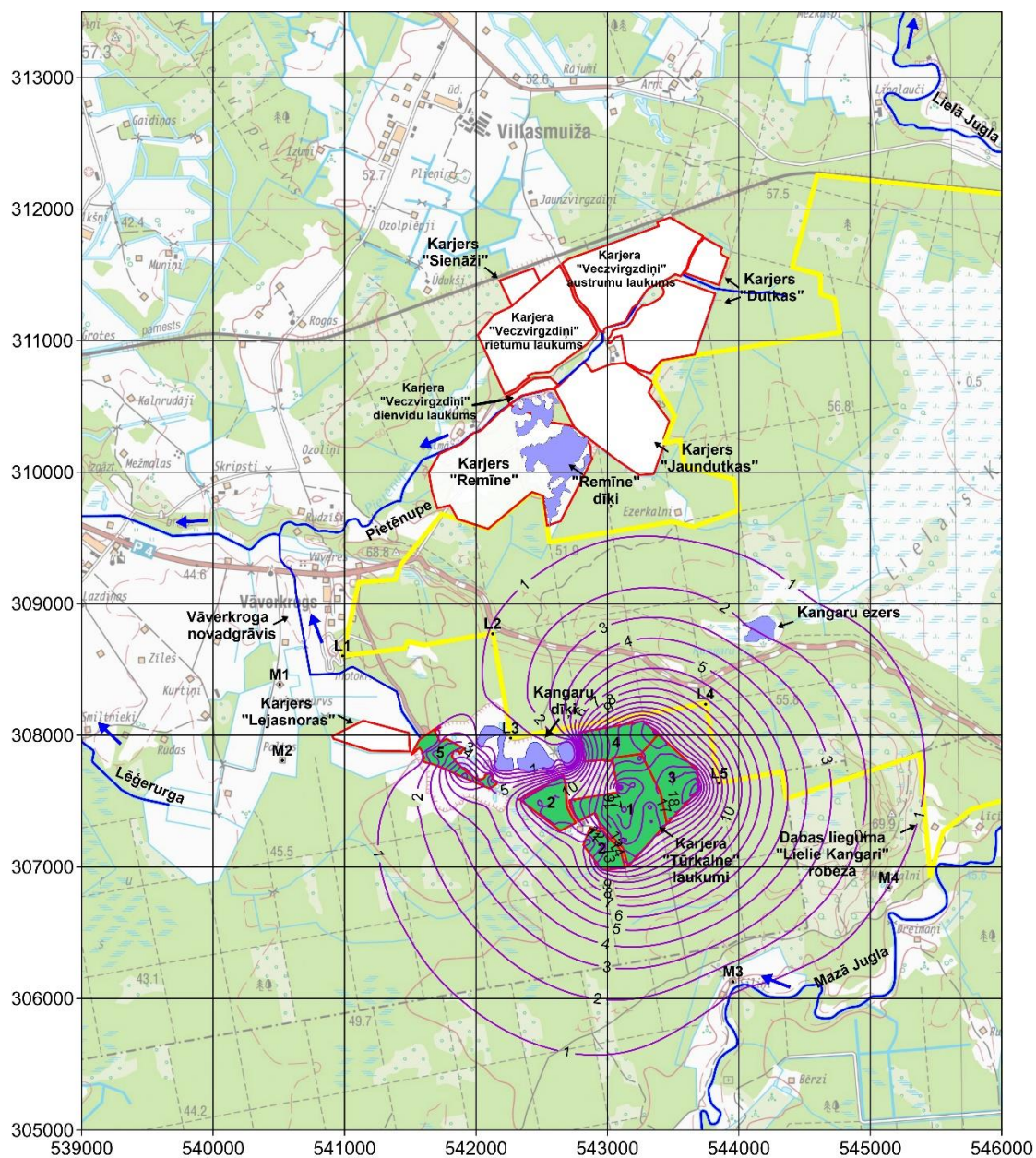
Modelēšanas eksperimentā vienlaicīgi atsūknējot no karjera Tūrkalne visiem laukumiem, tiek iegūta sekojoša depresijas piltuve D3dg slānī, skat. 4.2. att.



4.2. att. Depresijas piltuve atsūknējot Tūrkalne un Lejasnoras [m]

Lai karjeru Tūrkalne atsūknētu līdz licences laukuma pamatnei, atbilstoši modeļa datiem ir nepieciešams atsūknēt  $-18116.52$  [m<sup>3</sup> dienn]. Šāds atsūknējamā ūdens daudzums apliecina ievērojamu ietekmi uz ūdens līmeņiem karjera laukumu tuvumā. Tāpat, tas ir par  $-3601.47$  [m<sup>3</sup> dienn] mazāks, nekā gadījumā bez karjera Lejasnoras atsūknēšanas. Šeit ir redzams, ka depresijas piltuve sasniedz Lielo Kangaru purvu un

gandrīz sasniedz karjera "Remīne" licences laukuma robežas. Depresijas piltuves izmaiņas, ko kopīgā piltuvē rada tikai Tūrkalne, ir skatāmas 4.3. att.



4.3. att. Tūrkalne depresijas piltuves izmaiņas, visi laukumi [m]

Lai skaitliski izprastu Tūrkalne ietekmi šajā eksperimentā, ir nepieciešams novērtēt pazeminājumu virtuālos monitoringa urbumos, skat. Tabula 4-1. Šeit var redzēt, ka Tūrkalne ievērojami ietekmē ūdens līmeņus Kangaru liegumā, it īpaši L4 un L5, tajā pat laikā šos virtuālos monitoringa urbumus tikpat kā neietekmē karjers Lejasnoras. Pārējos urbumos iegūtie pazeminājumi nav uzskatāmi par kritiskiem.

Tabula 4-1. Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Lejasnoras un Tūrkalne pazeminājums [m]
L1	46.85	3.63
L2	50.89	2.39
L3	48.59	0.65
L4	54.8	7.24
L5	54.67	11.33
M1	45.65	2.9
M2	45.93	4.44
M3	50.06	1.36
M4	52.31	0.99

### 4.3 Karjera Tūrkalne izstrāde secīgi

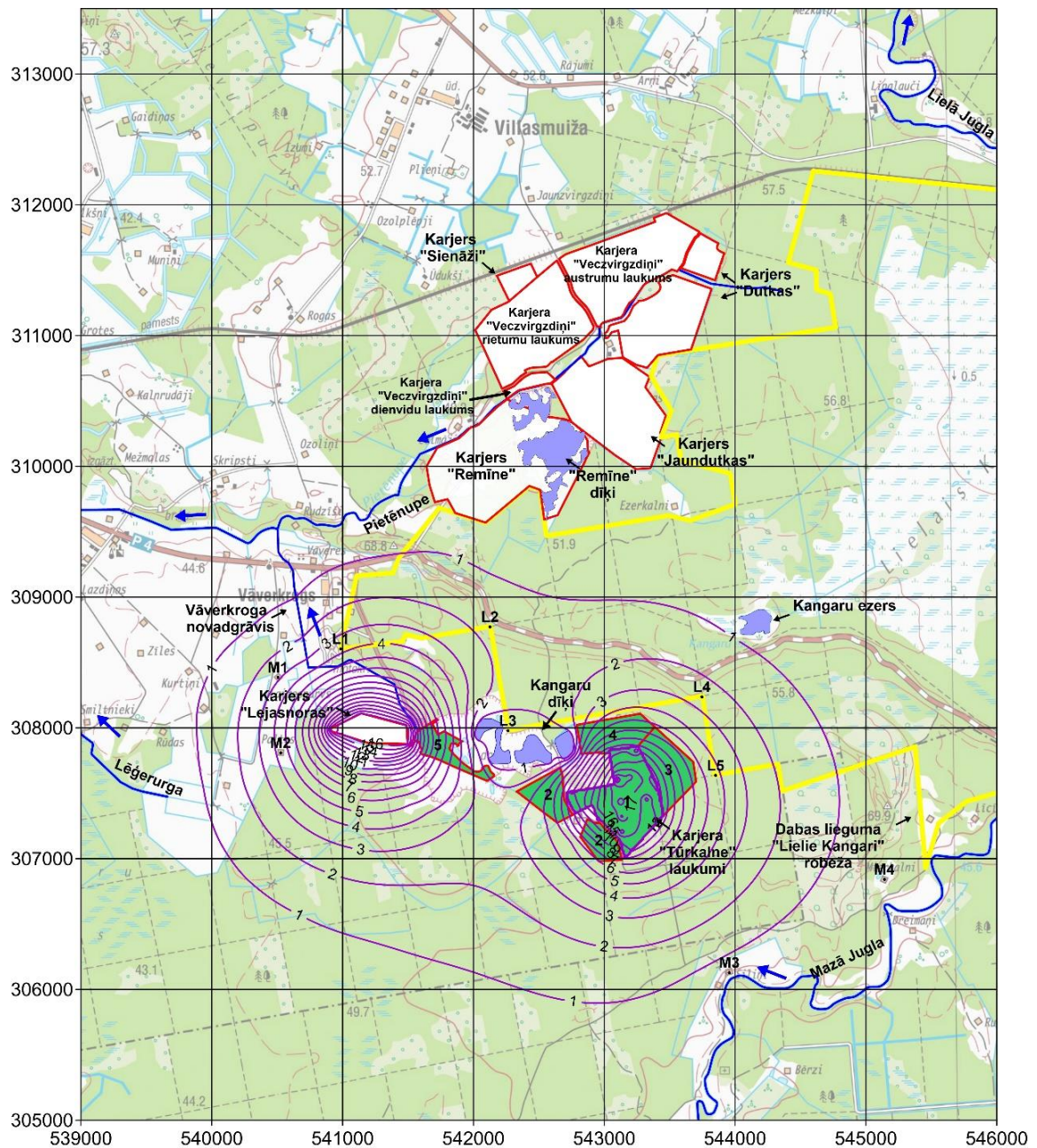
#### 4.3.1 Pirmais etaps

Pirmajā etapā tiek izstrādāts pirmais laukums. Modelējot 1 laukumam pa perimetru tiek izbūvēta aizsargsiena, ūdens līmeņu D3dg slānī – līdz slāņa apakšai. Rezultātā tika iegūta depresijas piltuve, skat. **Error! Reference source not found.**, tās iegūšanai no karjera Tūrkalne ir nepieciešams atsūknēt -7728.13 [m<sup>3</sup> dienn]. Apkopotie dati virtuālos monitoringa urbumos skatāmi Tabula 4-2. Šeit ir redzams, ka Lejasnoru radītais ūdens līmeņu pazeminājums nerada kritisku situāciju summējoties ar Tūrkalnes pazeminājumiem.

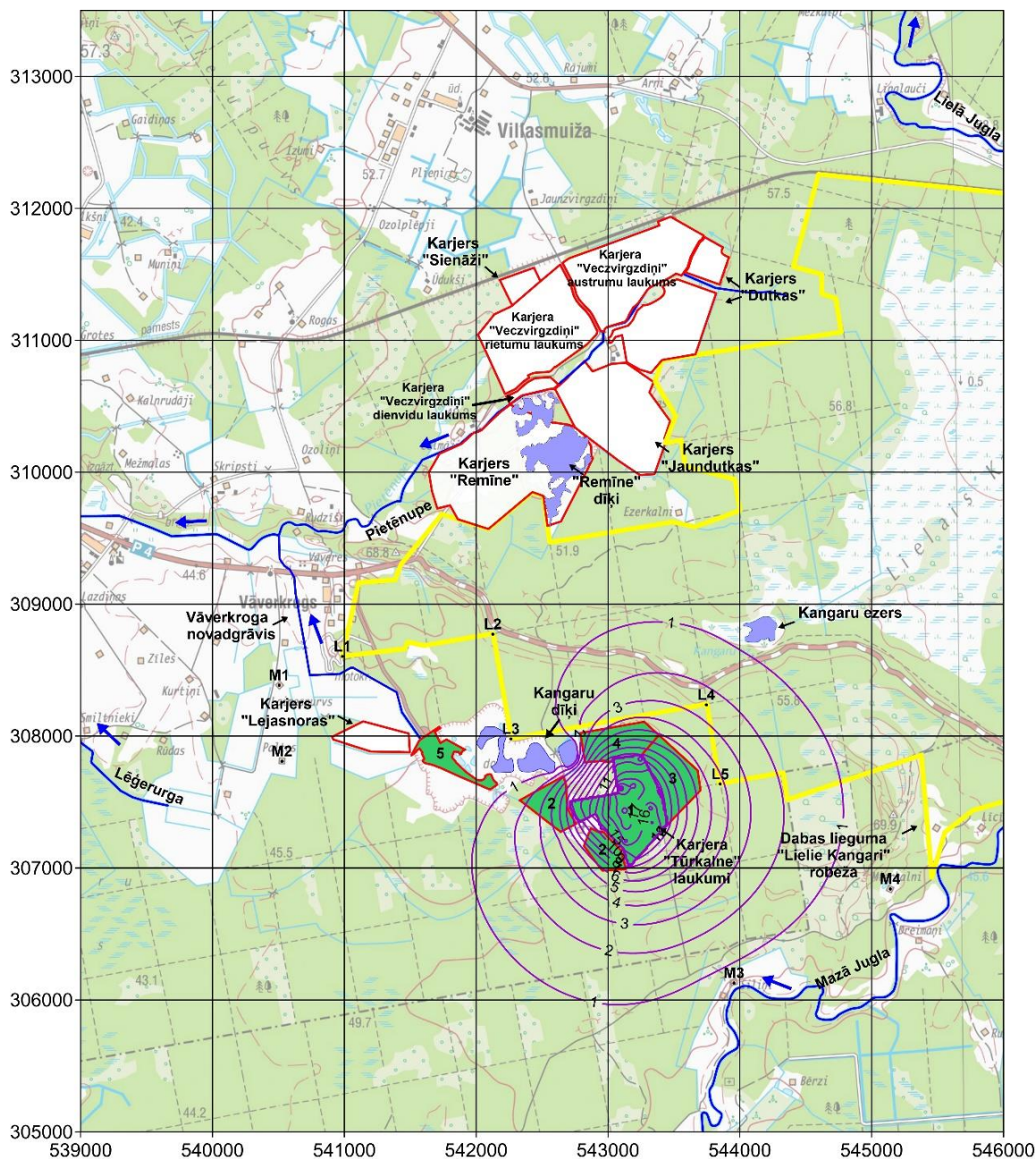
Depresijas piltuves izmaiņas, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 4.5. att.

Tabula 4-2 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, 1 etaps

<b>Virtuālā monitoringa urbuma šifrs</b>	<b>Netraucētais stāvoklis [m vjl]</b>	<b>esošā situācija Lejasnoras pazeminājums [m]</b>	<b>Tūrkalne un Lejasnoras pazeminājums [m]</b>	<b>Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]</b>
L1	46.85	3.53	3.57	0.04
L2	50.89	1.33	1.64	0.31
L3	48.59	0.21	0.33	0.12
L4	54.80	0.08	2.45	2.37
L5	54.67	0.05	4.02	3.97
M1	45.65	2.86	2.87	0.01
M2	45.93	4.32	4.35	0.03
M3	50.06	0.02	0.67	0.65
M4	52.31	0	0.40	0.40



4.4. att. Depresijas piltuve atsūknējot Tūrkalne un Lejasnoras, 1 etaps [m]



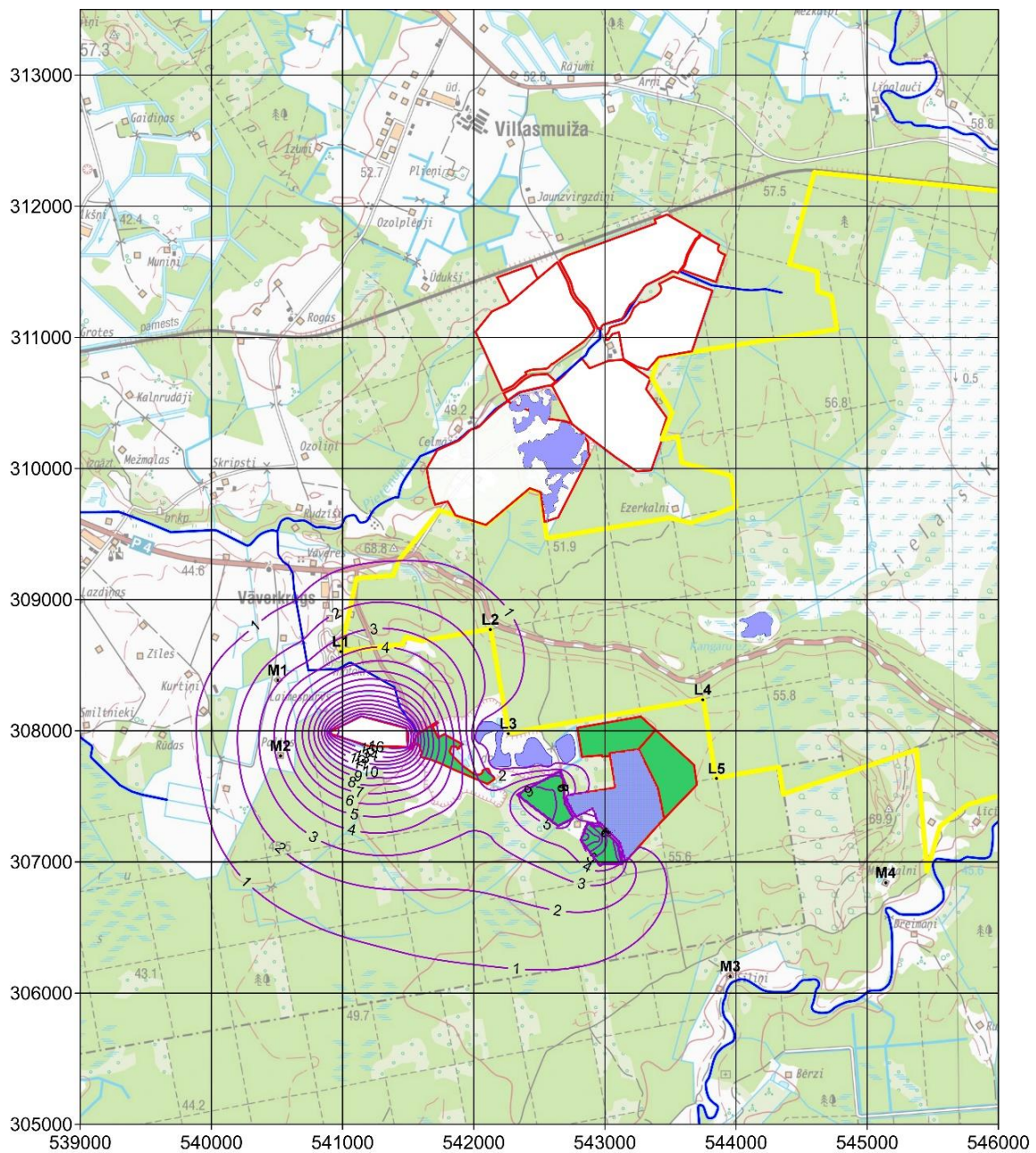
4.5. att. Tūrkalne depresijas piltuves izmaiņas, 1 etaps [m]

### 4.3.2 Otrais etaps

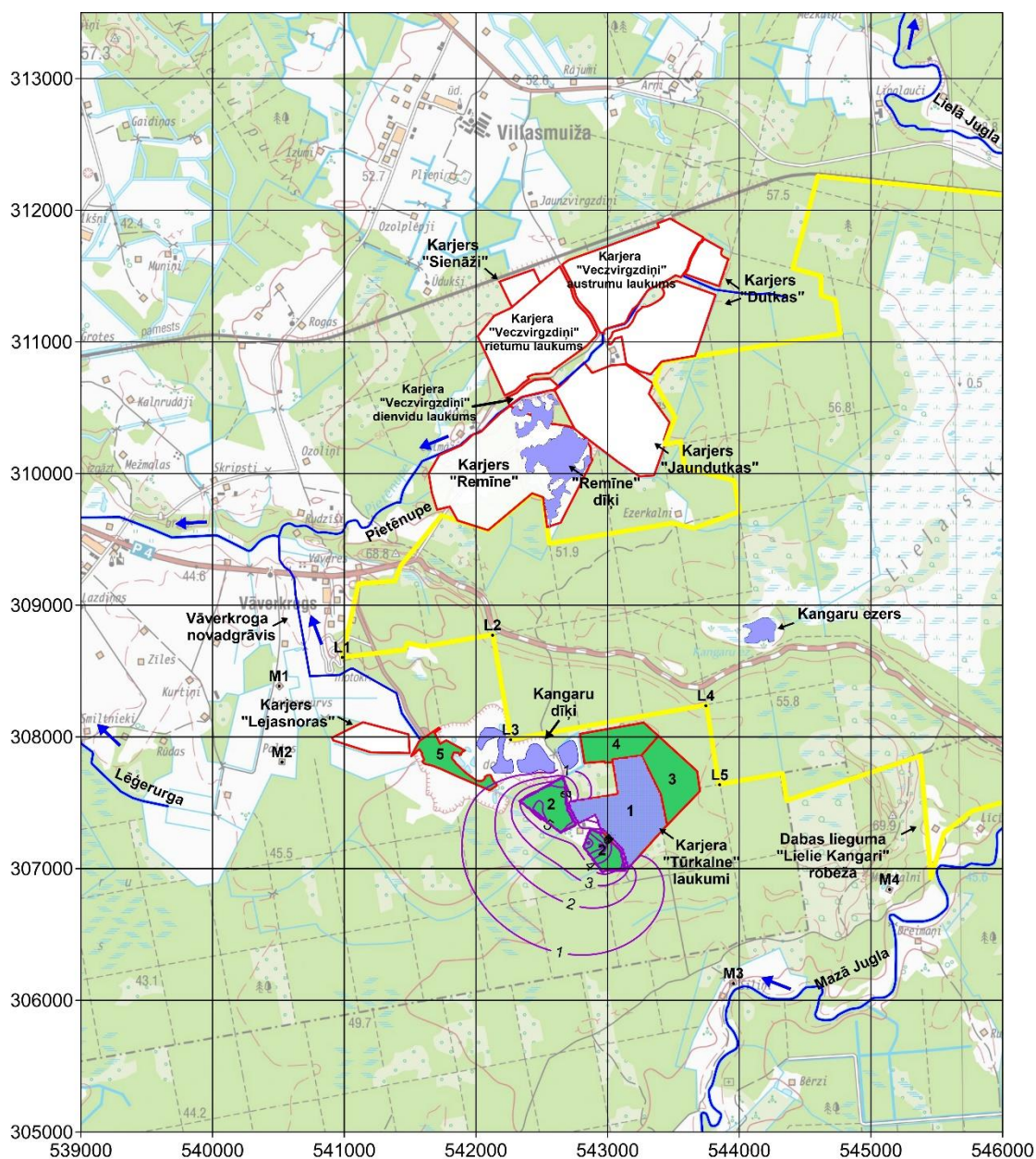
Otrajā un turpmākos etapos 1 laukuma vietā parādās ūdens baseins. Ap abiem laukumiem ar kārtas numuru 2 tiek izbūvēta zemes aizsargsiena, bet ūdens līmeņi tiek pazemināti līdz licences laukuma apakšai. Rezultātā tika iegūta depresijas piltuve, skat. 4.6. att., tās iegūšanai no karjera Tūrkalne ir nepieciešams atsūknēt -4486.03 [m<sup>3</sup> dienn]. Apkopotie dati virtuālos monitoringa urbumos skatāmi Tabula 4-3. Nav vērojama jūtama situācijas pasliktināšanās karjeru pazeminājumu mijiedarbības dēļ.



Depresijas piltuves izmaiņas, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 4.7. att.



4.6. att. Depresijas piltuve atsūknējot Tūrkalne un Lejasnoras, 2 etaps [m]



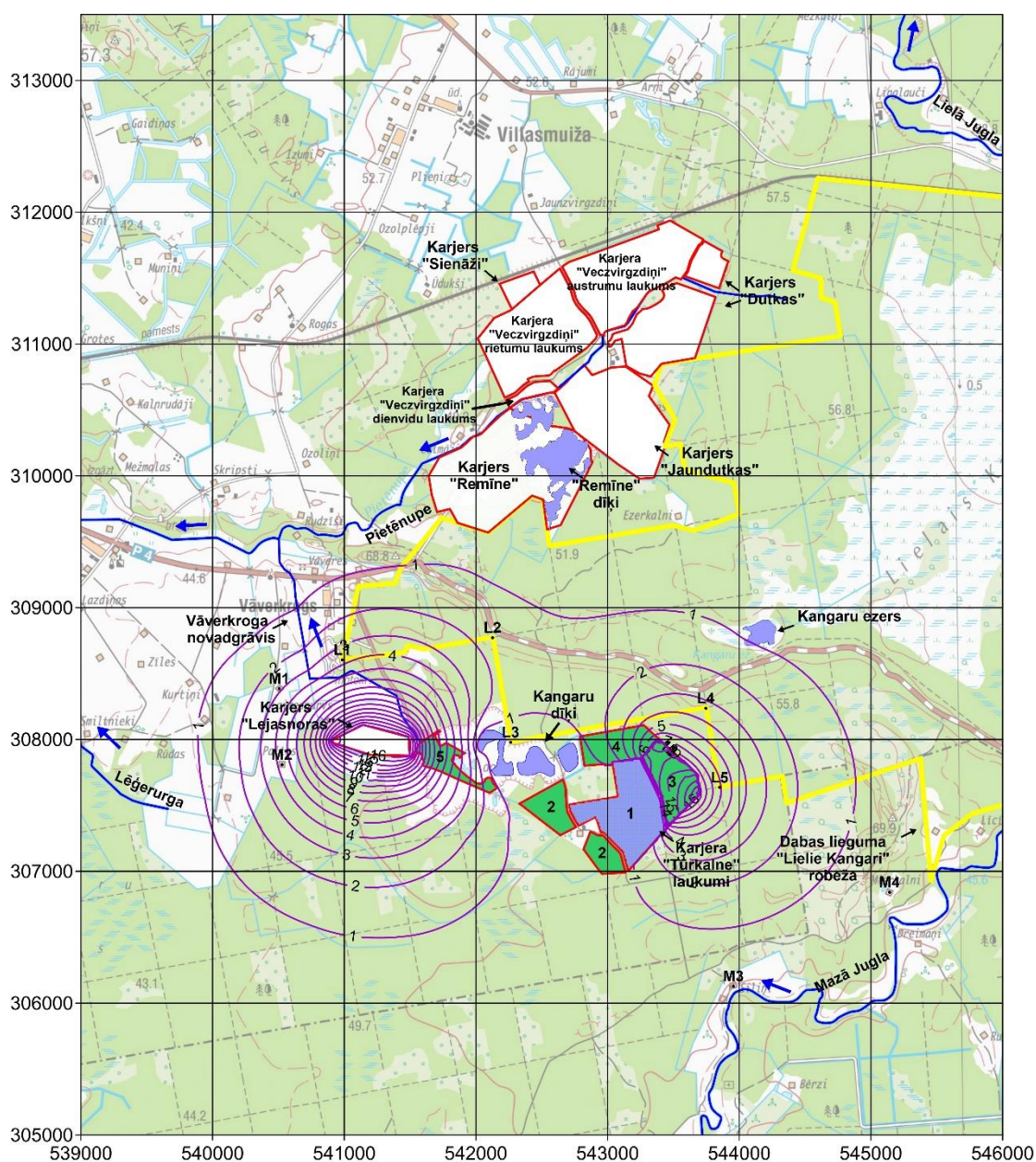
4.7. att. Depresijas piltuves izmaiņas atsūknējot Türkálne un Lejasnoras, 2 etaps [m]

Tabula 4-3 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos

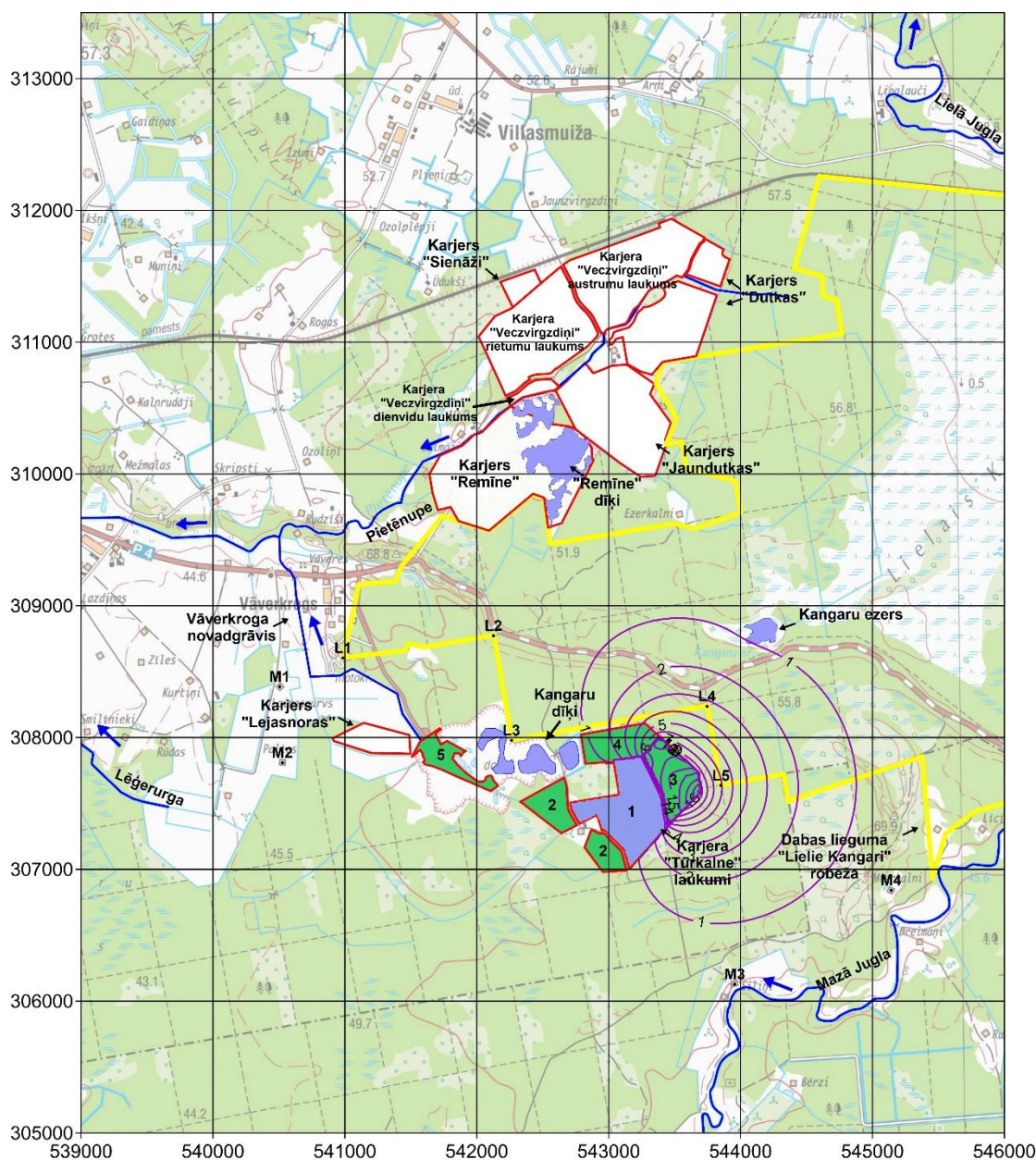
Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	esošā situācija Lejasnoras pazeminājums [m]	Türkálne un Lejasnoras pazeminājums [m]	Türkálne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.53	3.55	0.02
L2	50.89	1.33	1.45	0.12
L3	48.59	0.21	0.26	0.05
L4	54.80	0.08	0.91	0.83
L5	54.67	0.05	1.46	1.41
M1	45.65	2.86	2.87	0.01
M2	45.93	4.32	4.36	0.04
M3	50.06	0.02	0.37	0.35
M4	52.31	0	0.16	0.16

### 4.3.3 Trešais etaps

Laukumam 3 tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena. Uz robežas ar pirmo laukumu tā ir 30 metru plata. Ūdens līmeņa pazeminājuma depresijas piltuve skatāma 4.8. att. Ūdens līmeņu izmaiņas virtuālajos urbumos ir skatāmas Tabula 4-4. Šeit ir vērojama Tūrkalnes ievērojama ietekme uz ūdens līmeņu pazeminājumiem L4 un L5, vienlaicīgi šajos virtuālos urbumos praktiski nav manāma Lejasnoras ietekme. Lai iegūtu nepieciešamo ūdens līmeņu pazeminājumu, no laukuma ir jāatsūknē - 6749.72 [m<sup>3</sup> dienn]. Depresijas piltuves izmaiņas, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 4.9. att.



4.8. att. Depresijas piltuve atsūknējot Tūrkalne un Lejasnoras, 3 etaps [m]



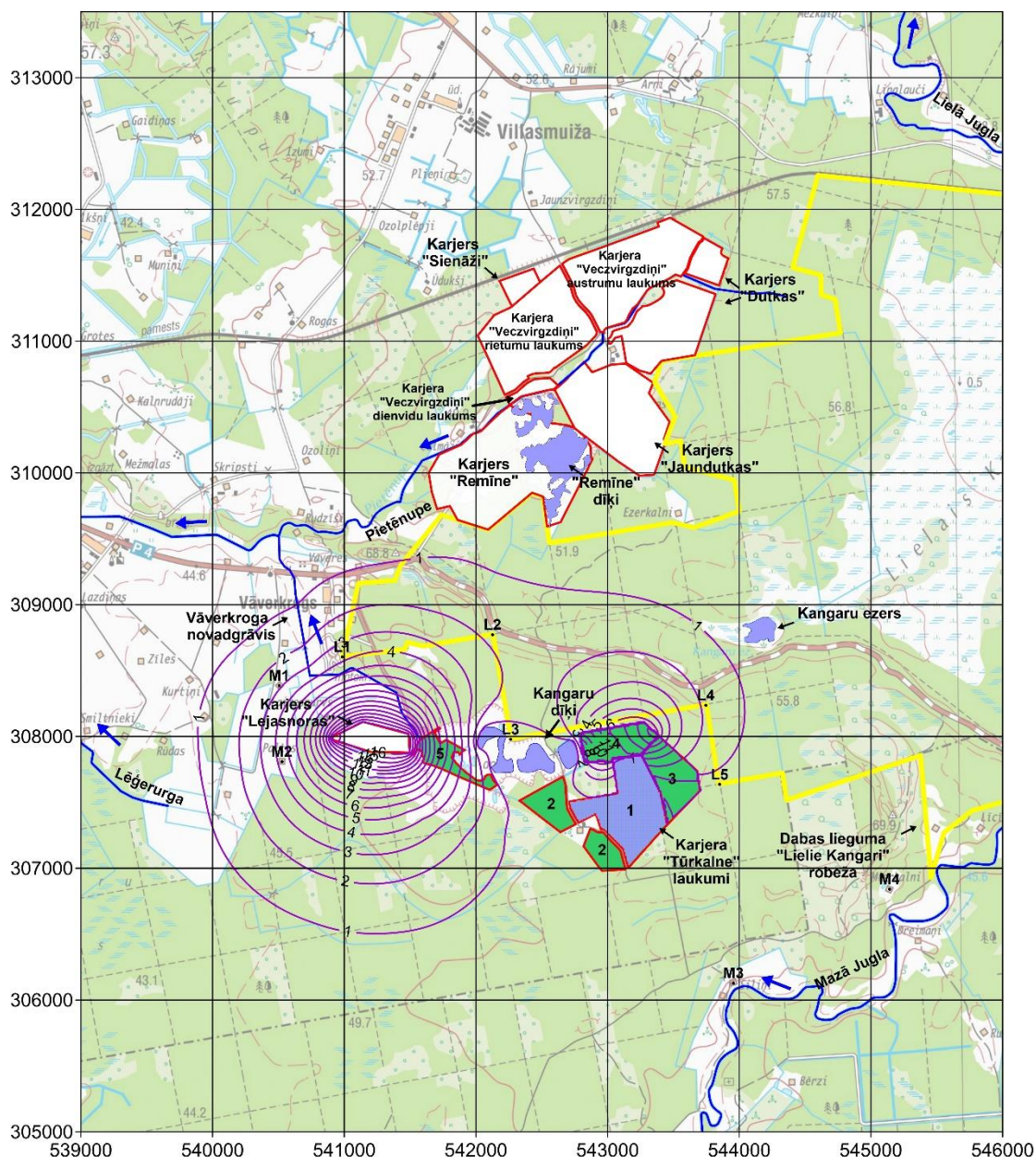
4.9. att. Depresijas piltuves izmaiņas atsūknējot Tūrkalne un Lejasnoras, 3 etaps [m]

Tabula 4-4 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālās monitoringa urbumos, 3 etaps

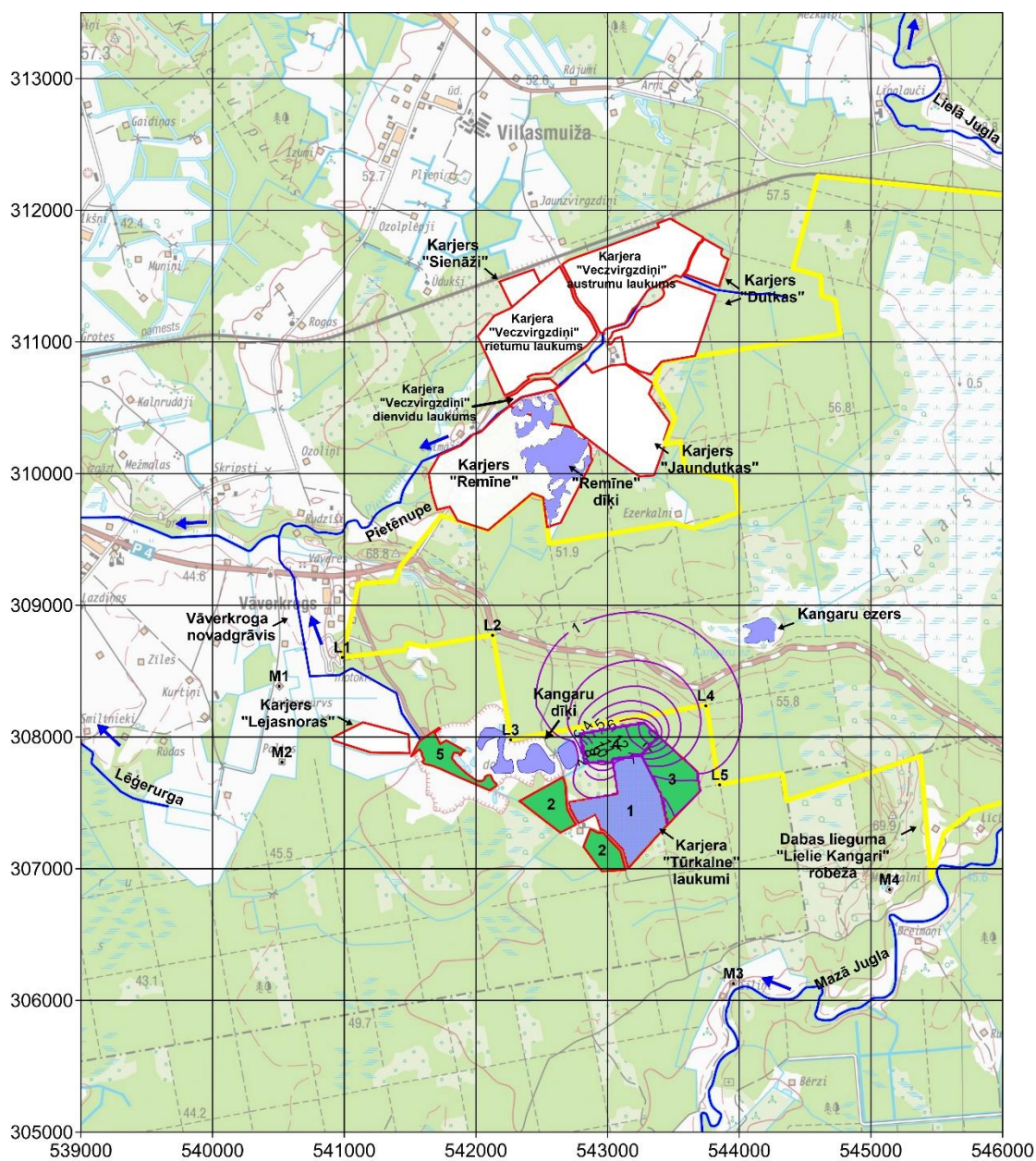
Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	esošā situācija Lejasnoras pazeminājums [m]	Tūrkalne un Lejasnoras pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.53	3.57	0.04
L2	50.89	1.33	1.67	0.34
L3	48.59	0.21	0.32	0.11
L4	54.80	0.08	3.99	3.91
L5	54.67	0.05	7.03	6.98
M1	45.65	2.86	2.87	0.01
M2	45.93	4.32	4.33	0.01
M3	50.06	0.02	0.52	0.50
M4	52.31	0	0.52	0.52

#### 4.3.4 Ceturtais etaps

Laukumam 4 tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena. Uz robežas ar pirmo laukumu tā ir 30 metru plata. Ūdens līmeņa pazeminājuma depresijas piltuve skatāma 4.10. att. Ūdens līmeņu izmaiņas virtuālajos urbumos ir skatāmas Tabula 4-5. Lai iegūtu nepieciešamo ūdens līmeņu pazeminājumu, no laukuma ir jāatsūkņē - 4464.58 [m<sup>3</sup> dienn]. Depresijas piltuves izmaiņas, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 4.11. att.



4.10. att. Depresijas piltuve atsūkņējot Tūrkalne un Lejasnoras, 4 etaps [m]



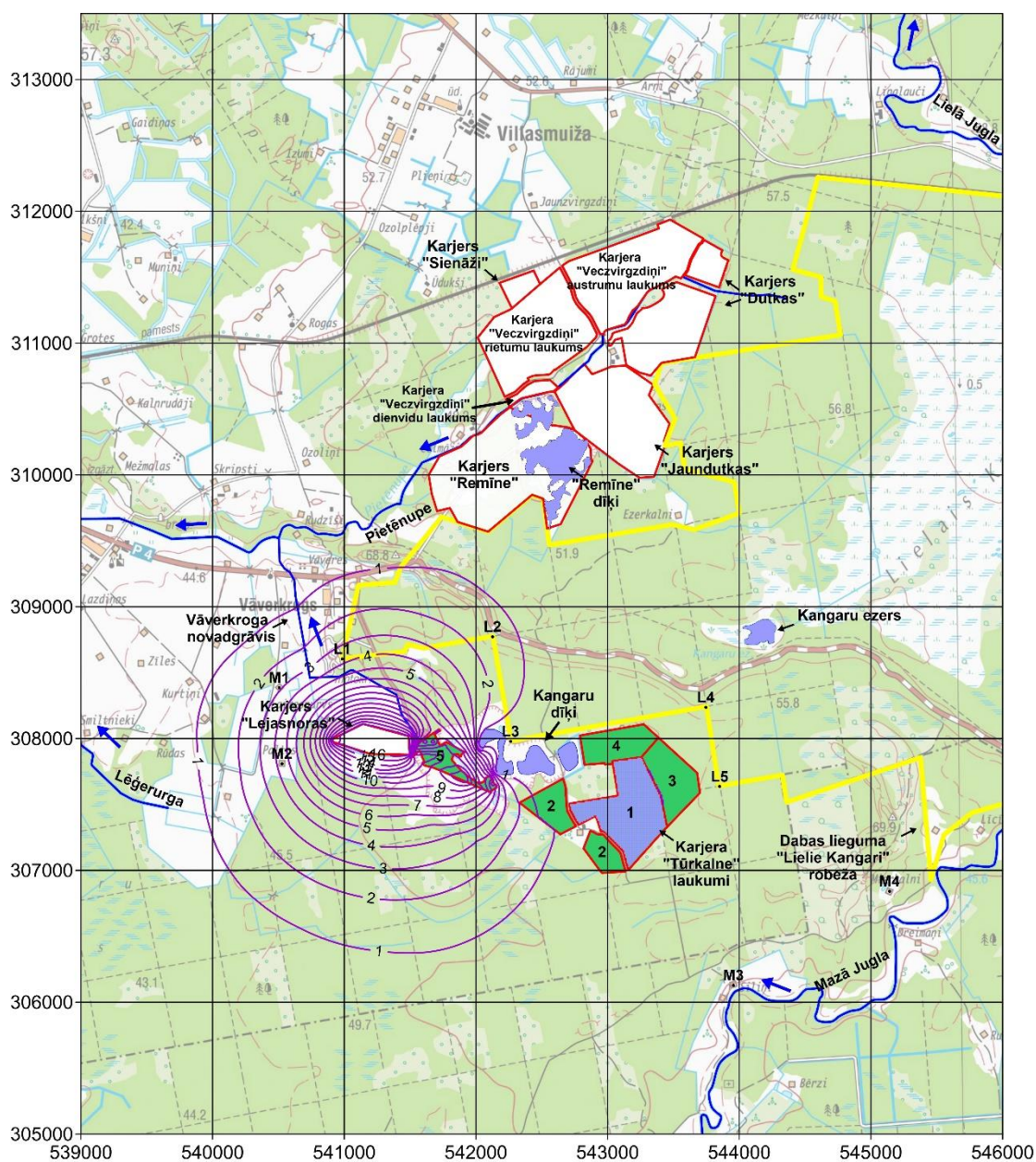
4.11. att. Depresijas piltuves izmaiņas atsūknējot Tūrkalne un Lejasnoras, 4 etaps [m]

Tabula 4-5 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, 4 etaps

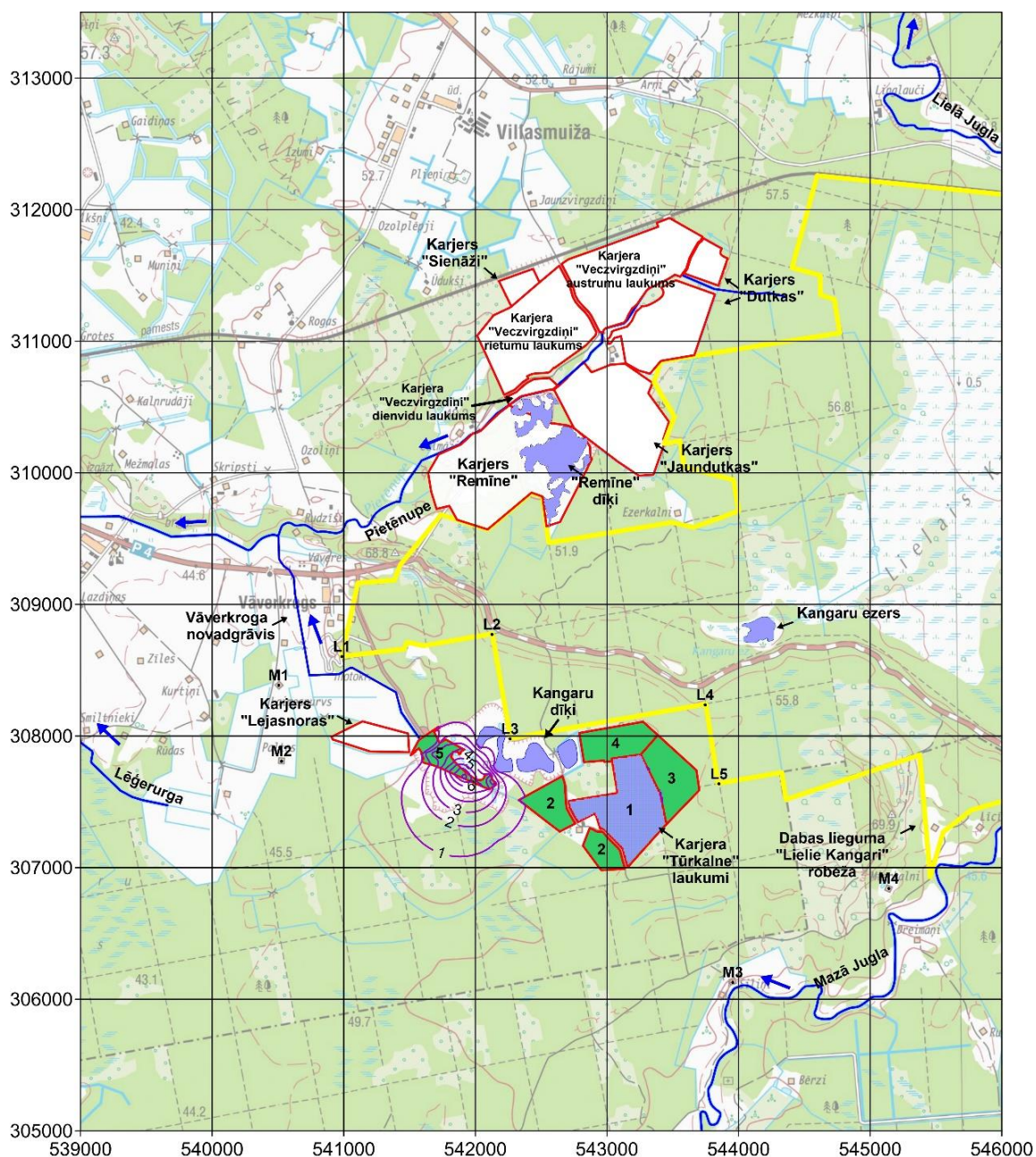
Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	esošā situācija Lejasnoras pazeminājums [m]	Tūrkalne un Lejasnoras pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.53	3.58	0.05
L2	50.89	1.33	1.86	0.53
L3	48.59	0.21	0.42	0.21
L4	54.80	0.08	2.56	2.48
L5	54.67	0.05	2.06	2.01
M1	45.65	2.86	2.87	0.01
M2	45.93	4.32	4.33	0.01
M3	50.06	0.02	0.24	0.22
M4	52.31	0	0.19	0.19

### 4.3.5 Piektais etaps

Laukuma 5 izstrāde notiek bez zemes aizsargsienas, laukuma formas īpatnību dēļ. Ūdens līmeņa pazeminājuma depresijas piltuve skatāma 4.12. att. Ūdens līmeņu izmaiņas virtuālajos urbumos ir skatāmas Tabula 4-6. Lai iegūtu nepieciešamo ūdens līmeņu pazeminājumu, no laukuma ir jāatsūknē  $-950.65$  [m<sup>3</sup> dienn]. Nelielais ūdens atsūknēšanas apmērs ir skaidrojams ar Lejasnoras tiešo tuvumu. Tas ir manāms arī depresijas piltuves izmaiņās, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 4.13. att.



4.12. att. Depresijas piltuve atsūknējot Tūrkalne un Lejasnoras, 5 etaps [m]



4.13. att. Depresijas piltuves izmaiņas atsūknējot Tūrkalne un Lejasnoras, 5 etaps [m]

Tabula 4-6 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbemos, 5 etaps

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	esošā situācija Lejasnoras pazeminājums [m]	Tūrkalne un Lejasnoras pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.53	3.56	0.03
L2	50.89	1.33	1.45	0.12
L3	48.59	0.21	0.27	0.06
L4	54.80	0.08	0.56	0.48
L5	54.67	0.05	0.98	0.93
M1	45.65	2.86	2.88	0.02
M2	45.93	4.32	4.39	0.07
M3	50.06	0.02	0.21	0.19
M4	52.31	0	0.11	0.11



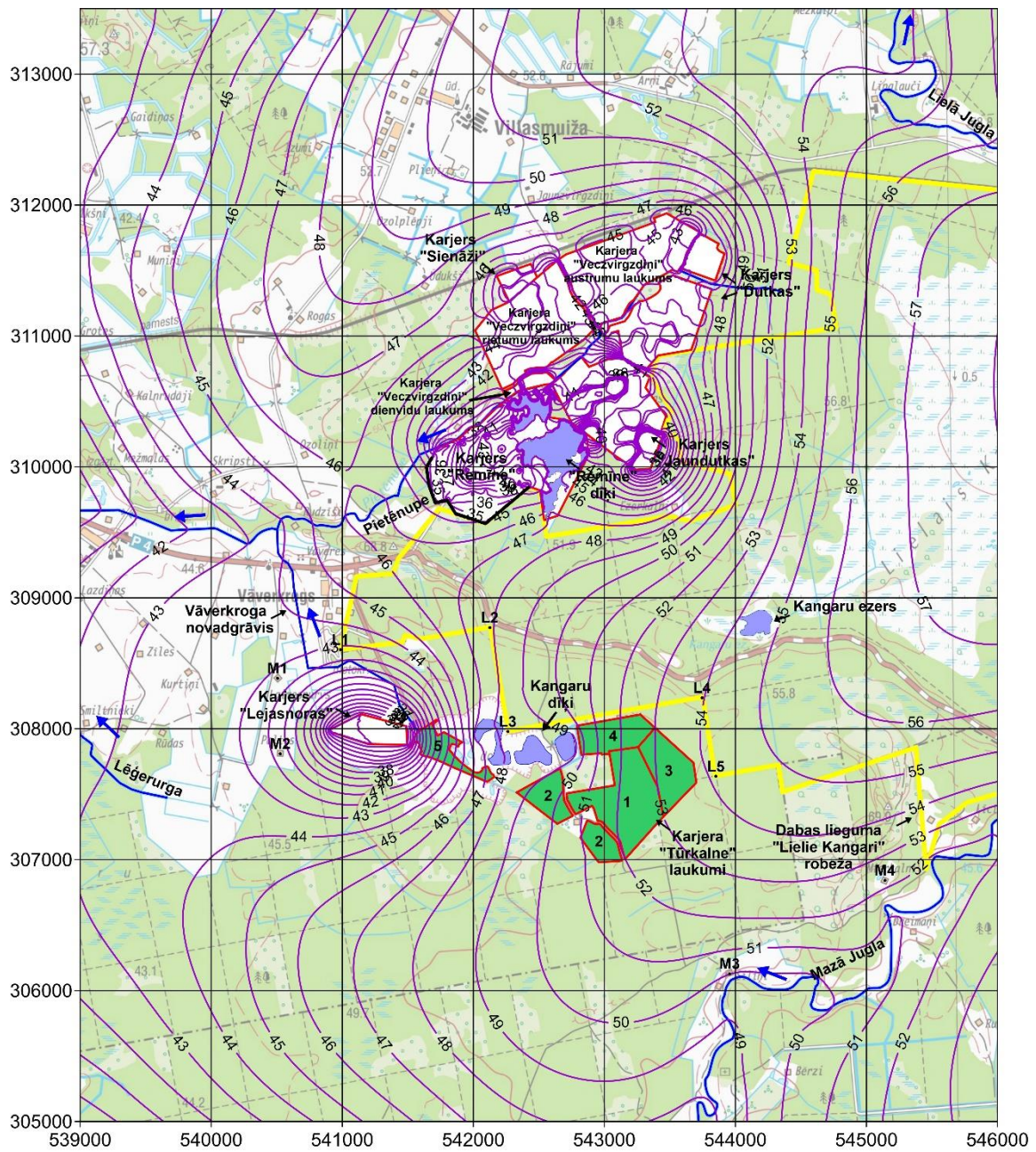
## 5 Karjera Tūrkalne izstrāde kopā ar visiem tuvējiem karjeriem

### 5.1 Esošā situācija

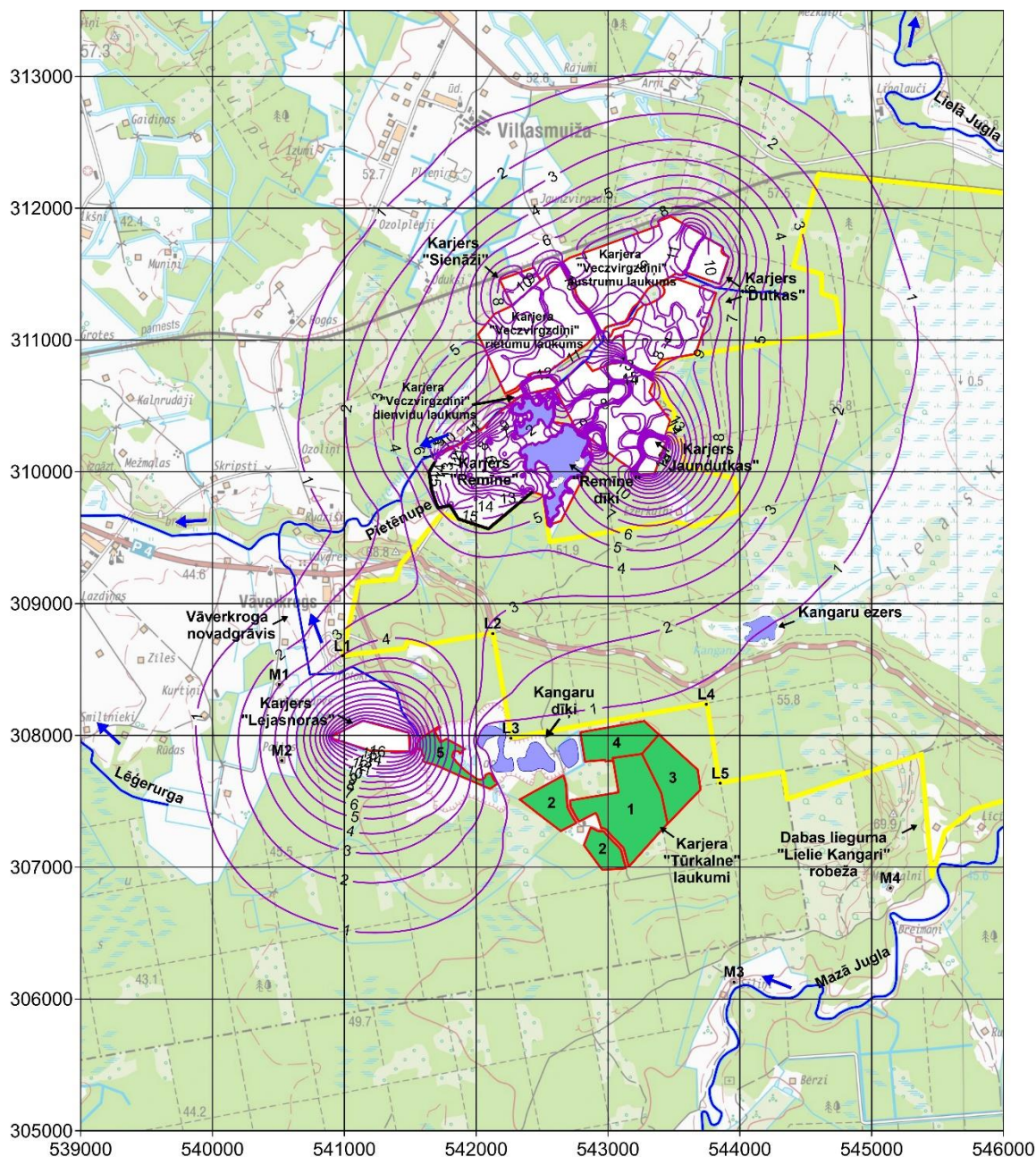
Aktīva dolomīta ieguve norit “Lejasnorās”, “Dutkās”, “Jaundutkās”, “Sienāžos”, bet tuvākajā laikā arī “Vecvirgzdiņos” un “Remīnē”. Tiek pieņemts, ka visās atradnēs tiks vai arī jau tiek atsūknēts tāds ūdens daudzums, lai nodrošinātu ūdens līmeņa pazeminājumu līdz atradnes derīgā slāņa apakšai. Līdz ar to modelēšanas eksperimentos esošai situācijai tiek izmantots ūdens līmeņa pazeminājums līdz derīgā slāņa apakšai visiem minētiem karjeriem. Izmantoto ūdens līmeņu karte dota iepriekš, skat. 2.3. att. Turpmāk, par esošo situāciju tiks saukta šī – ar maksimāli iespējamo pazeminājumu visos karjeros. Izņēmums šeit būtu vienīgi karjers “Remīne”, kura darbība, visticamāk, tiks akceptēta vien ar aizsargsienu, kas ir iestrādāta esošajā modelī. Ūdens līmeņu karte esošai situācijai ir darbība, visticamāk, tiks akceptēta vien ar aizsargsienu, kas ir iestrādāta esošajā modelī. Ūdens līmeņu karte esošai situācijai ir skatāma 5.1. att., bet depresijas piltuve - 5.2. att. Lai novērtētu skaitliski izmaiņas virtuālos monitoringa urbumos ūdens līmeņa pazeminājumi ir fiksēti Tabula 5-1. Tabulas pēdējā kolonnā dota ūdens līmeņu pazeminājuma piensums, ko virtuālajos urbumos dod Dutkas, Jaundutkas, Vecvirgzdiņu, Remīne un Sienāži. Tikai L2 gadījumā šis piensums pārsniedz vienu metru. Šie dati kopā ar iepriekšējās nodaļās aprakstītiem eksperimentiem liecina apkārtējo karjeru minimālu ietekmi uz ūdens līmeņu pazeminājumiem dabas liegumā “Lielie Kangari”, ko izraisīs Tūrkalnes izstrāde.

Tabula 5-1 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, esošā situācija

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Esošā situācija pazeminājums [m]	Esošā situācija Lejasnoras pazeminājums [m]	Pazeminājuma daļa no Dutkas apvidus karjeriem [m]
L1	46.85	3.88	3.53	0.35
L2	50.89	2.87	1.33	1.54
L3	48.59	0.35	0.21	0.14
L4	54.80	0.77	0.08	0.69
L5	54.67	0.31	0.05	0.26
M1	45.65	2.96	2.86	0.1
M2	45.93	4.35	4.32	0.03
M3	50.06	0.04	0.02	0.02
M4	52.31	0.05	0	0.05



5.1. att. Ūdens līmeņu izolīniju karte D3dg esošai situācijai [m vjl]



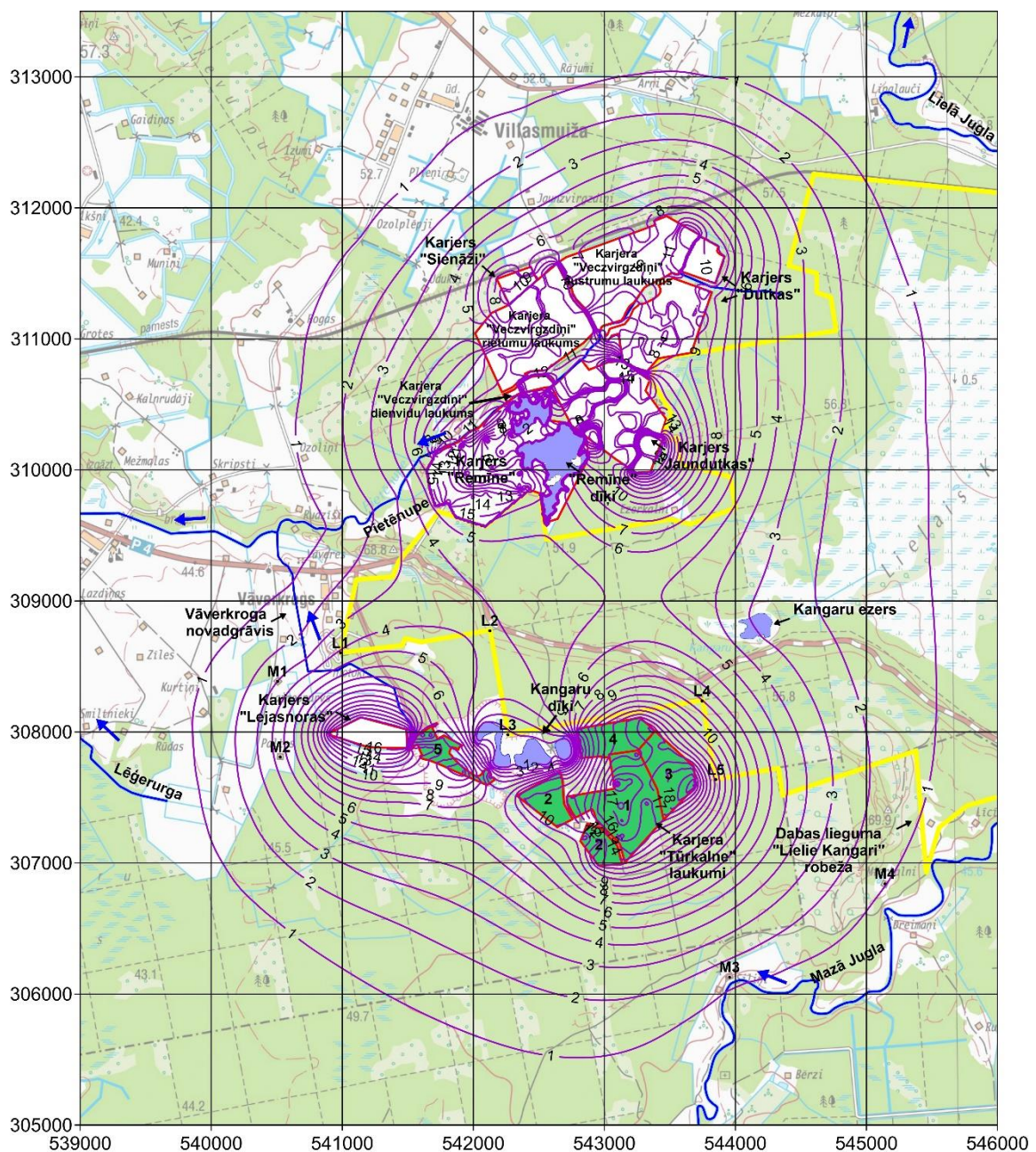
5.2. att. Depresijas piltuve esošai situācijai [m]

## 5.2 Visu Tūrkalne laukumu izstrāde

Modelēšanas eksperimentā vienlaicīgi atsūknējot no karjera Tūrkalne visiem laukumiem, tiek iegūta sekojoša depresijas piltuve D3dg slānī, skat. 5.3. att.

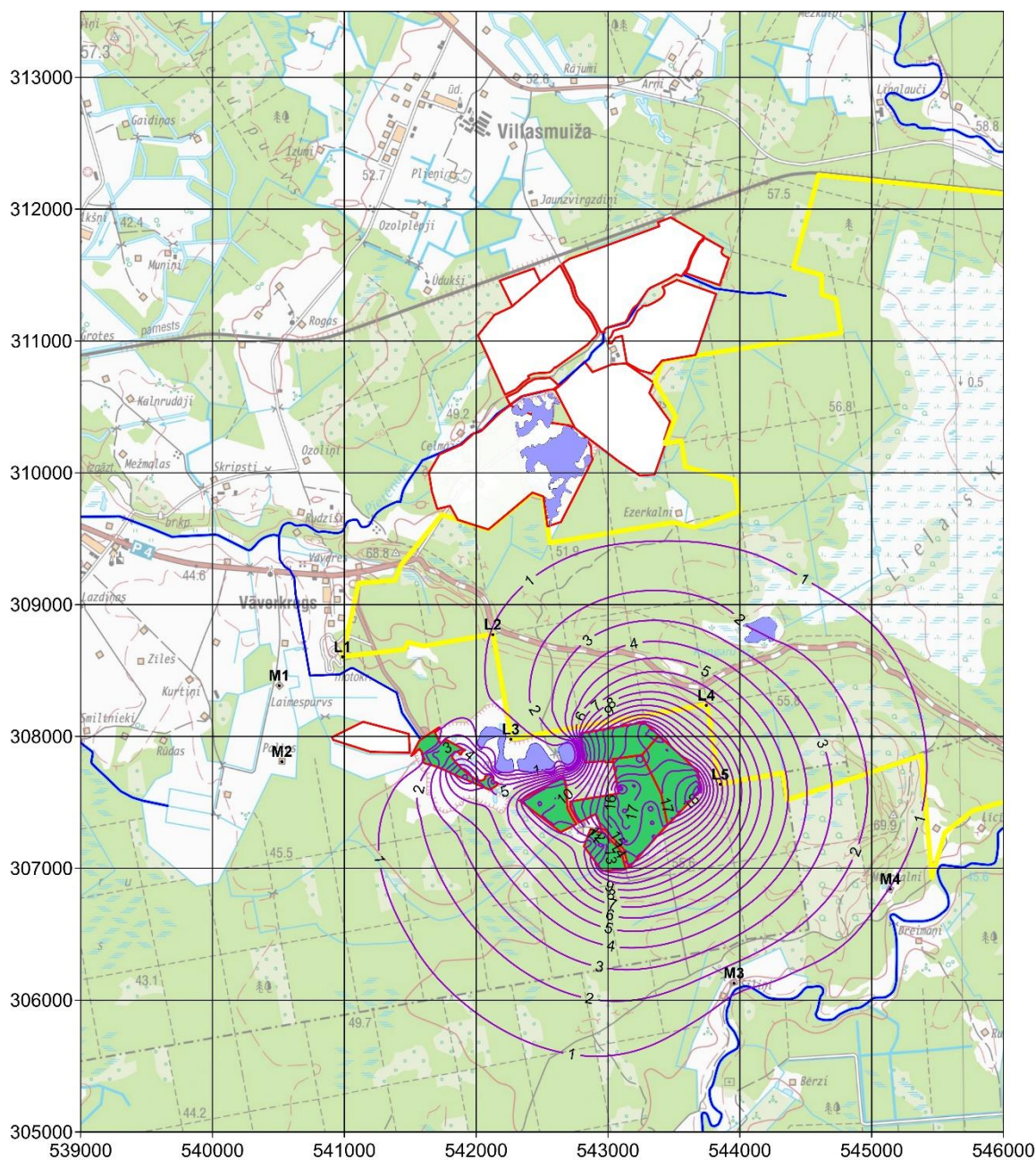
Lai karjeru Tūrkalne atsūknētu līdz licences laukuma pamatnei, atbilstoši modeļa datiem ir nepieciešams atsūknēt  $-17032.61$  [m<sup>3</sup> dienn], kopējais visu eksperimentā iekļauto karjeru debits ir  $-55830.89$  [m<sup>3</sup> dienn]. Šāds atsūknējamā ūdens daudzums apliecina ievērojamu ietekmi uz ūdens līmeņiem karjera laukumu tuvumā. Tāpat, debiti

Tūrkalnei ir par 4685.38 [m<sup>3</sup> dienn] mazāki, nekā gadījumā, ja atsūknētu tikai Tūrkalnes laukumus. Ja salīdzina esošās situācijas (5.2. att.) ar 5.3. att., tad var redzēt, ka depresijas piltuve ir izveidojusi uz ziemeļiem no Tūrkalnes ūdens līmeņu pazeminājuma areālu ar vērtībām, kas pārsniedz 5 metrus, tādējādi apvienojot Tūrkalnes un Dutkas apvidus karjeru depresijas piltuves. Tāpat, ir redzams, ka 1 metra ūdens līmeņa pazeminājuma izolīnija dziļi iespiedusies Lielā Kangaru purva teritorijā. Ūdens līmeņu pazeminājuma vērtības virtuālos monitoringa urbemos skatāmas Tabula 5-2.



5.3. att. Depresijas piltuve, visi Tūrkalnes laukumi vienlaicīgi esošā situācijā [m]

Šeit vērojami maksimāli iespējamie pazeminājumi visa esošā pētījuma ietvaros, maksimālais scenārijs. Redzams, ka  $L4=7.75\text{m}$  un  $L5=11.42\text{m}$  šajā eksperimentā sasniegtie ūdens līmeņa pazeminājumi ir radušies pamatā Tūrkalnes ietekmē. Apskatot depresijas piltuves izmaiņas 5.4. att., ko esošā situācijā rada Tūrkalne atsūknēšana, tad tā zināmā mērā atkārto 3.2. att., kur ir redzama depresijas piltuve, ko rada atsūknēšana visos Tūrkalnes laukumos bez citu karjeru iesaistes. Acīmredzama ir karjera Lejasnoras atsūknēšanas ietekme.



5.4. att. Depresijas piltuves izmaiņas, visi Tūrkalnes laukumi vienlaicīgi esošā situācijā [m]

Tabula 5-2 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, ar visiem Tūrkalne laukumiem

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Esošā situācija pazeminājums [m]	Esošā situācija un Tūrkalne pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.88	3.98	0.1
L2	50.89	2.87	3.91	1.04
L3	48.59	0.35	0.77	0.42
L4	54.80	0.77	7.75	6.98
L5	54.67	0.31	11.42	11.11
M1	45.65	2.96	3.01	0.05
M2	45.93	4.35	4.46	0.11
M3	50.06	0.04	1.36	1.32
M4	52.31	0.05	1.02	0.97

### 5.3 Tūrkalne izstrāde secīgi

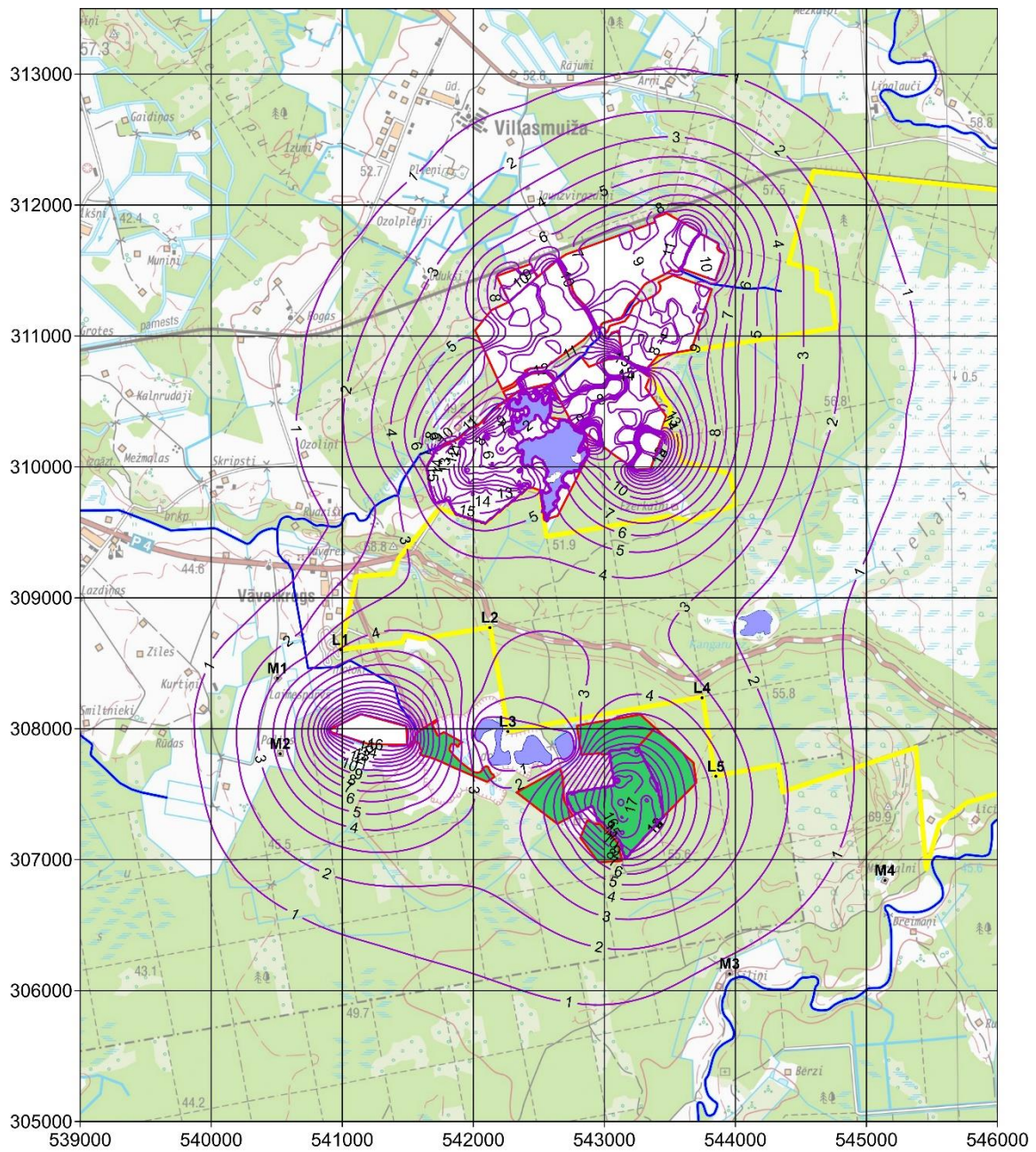
#### 5.3.1 Pirmais etaps

Ap 1 laukumu no zemes virskārtas pa laukuma perimetru tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena, no D3dg slāņa apakšas. Rezultātā tika iegūta depresijas piltuve, skat. 5.5. att., tās iegūšanai no karjera Tūrkalne ir nepieciešams atsūknēt  $-7461.7 \text{ [m}^3 \text{ dienn]}$ . Apkopotie dati virtuālos monitoringa urbumos skatāmi Tabula 5-3 Tabula 4-2. Šeit ir redzams, ka Lejasnoru radītais ūdens līmeņu pazeminājums nerada kritisku situāciju summējoties ar Tūrkalnes pazeminājumiem.

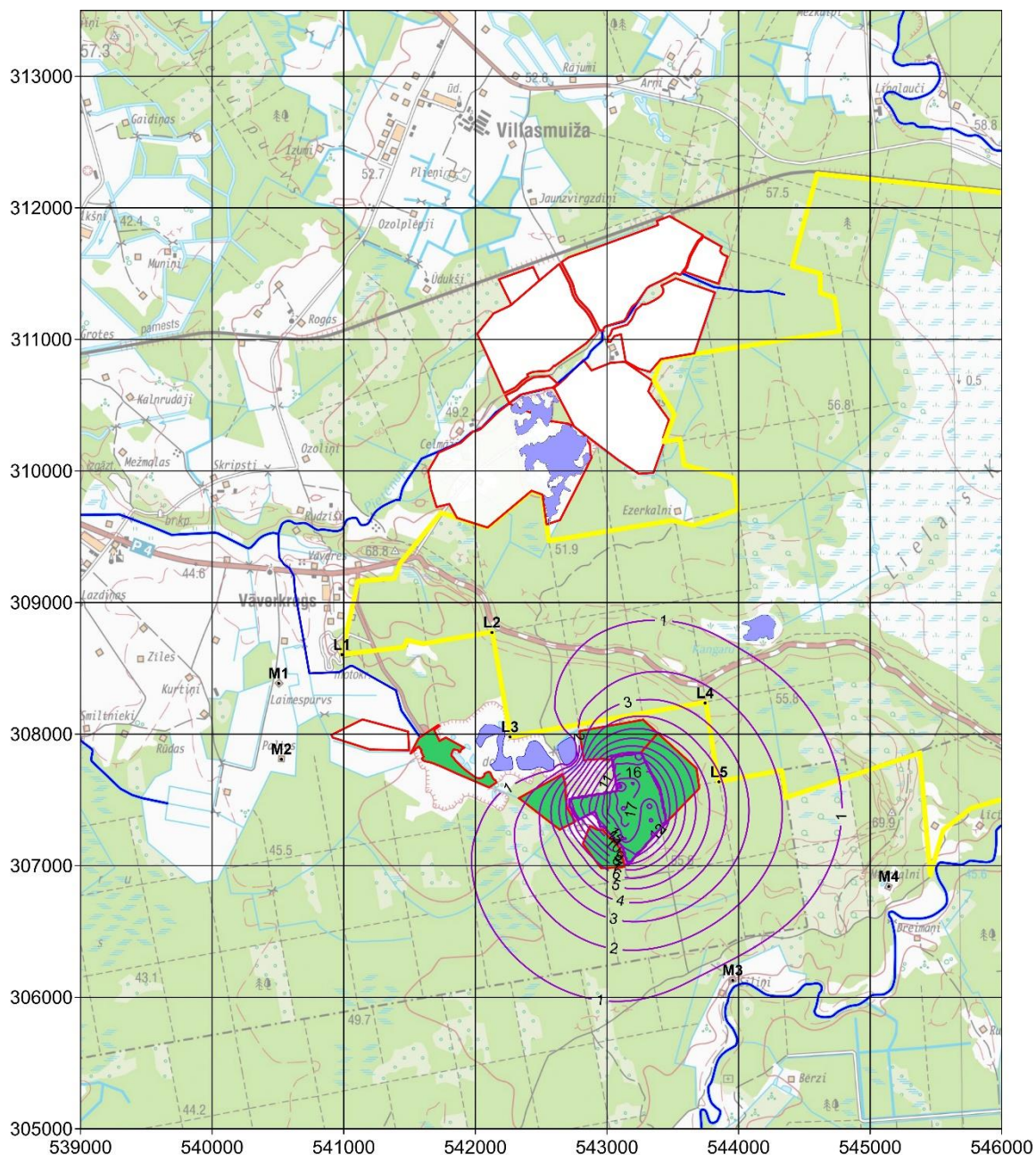
Depresijas piltuves izmaiņas, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 5.6. att.

Tabula 5-3 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, Tūrkalne pirmais etaps

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Esošā situācija pazeminājums [m]	Esošā situācija un Tūrkalne pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.88	3.91	0.03
L2	50.89	2.87	3.19	0.32
L3	48.59	0.35	0.47	0.12
L4	54.80	0.77	3.12	2.35
L5	54.67	0.31	4.25	3.94
M1	45.65	2.96	2.97	0.01
M2	45.93	4.35	4.38	0.03
M3	50.06	0.04	0.69	0.65
M4	52.31	0.05	0.45	0.4



5.5. att. Depresijas piltuve, Tūrkalne pirmais etaps esošā situācijā [m]



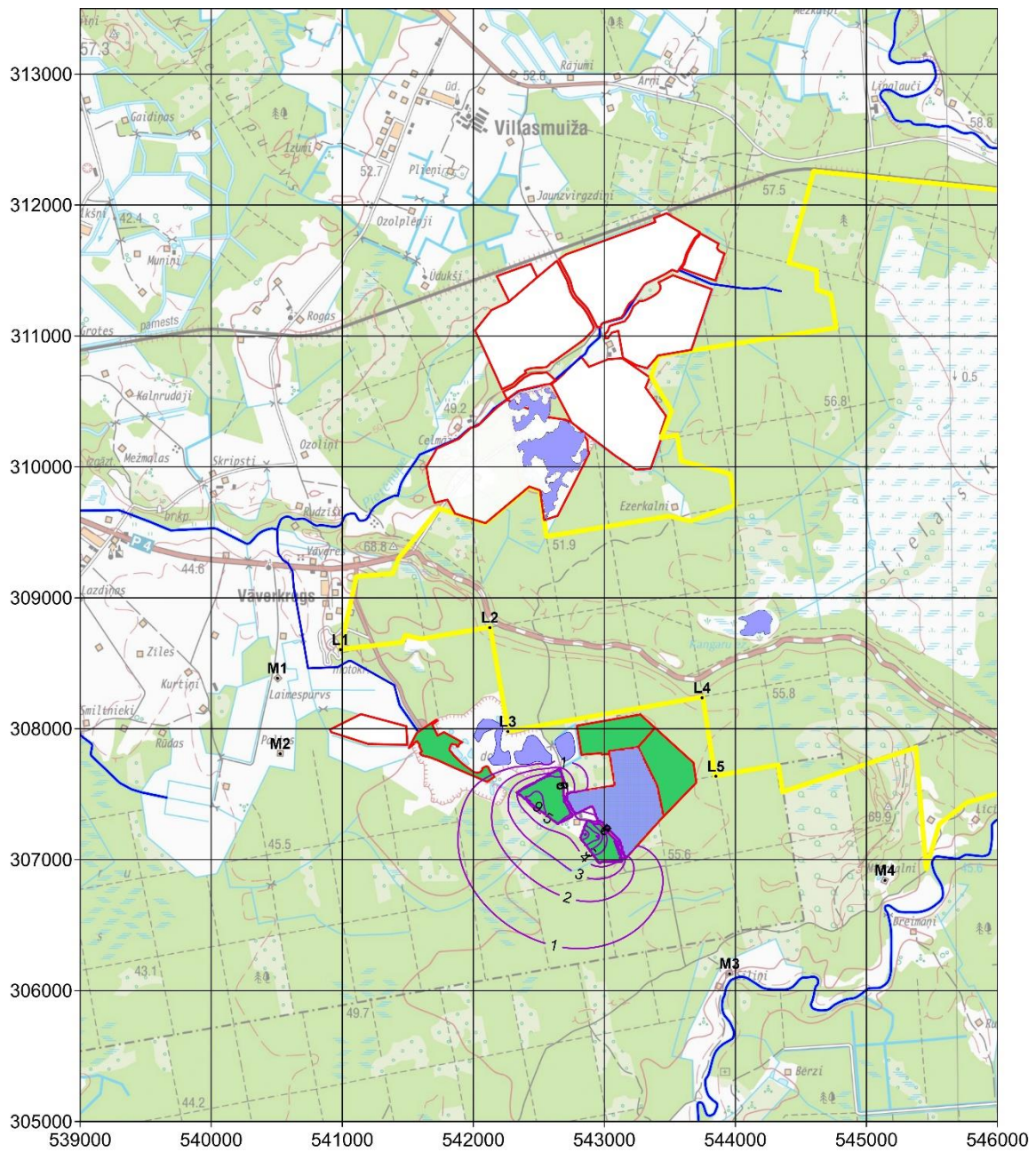
5.6. att. Depresijas piltuves izmaiņas, Tūrkalne pirmais etaps esošā situācijā [m]

### 5.3.2 Otrais etaps

Tiek appludināts pirmais laukums. Diviem laukumiem Nr. 2 tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena. Rezultātā tika iegūta depresijas piltuve, tās iegūšanai no karjera Tūrkalne ir nepieciešams atsūknēt  $-4408.32 \text{ [m}^3 \text{ dienn]}$ . Apkopotie dati virtuālos monitoringa urbumos skatāmi Tabula 5-4 Tabula 4-2.

Depresijas piltuves izmaiņas, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 5.7 att.





5.7 att. Depresijas piltuves izmaiņas, Tūrkalne otrais etaps esošā situācijā [m]

Tabula 5-4 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, Tūrkalne otrais etaps

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Esošā situācija pazeminājums [m]	Esošā situācija un Tūrkalne pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.88	3.9	0.02
L2	50.89	2.87	2.99	0.12
L3	48.59	0.35	0.4	0.05
L4	54.80	0.77	1.57	0.8
L5	54.67	0.31	1.68	1.37
M1	45.65	2.96	2.97	0.01
M2	45.93	4.35	4.39	0.04
M3	50.06	0.04	0.2	0.16
M4	52.31	0.05	0.38	0.33

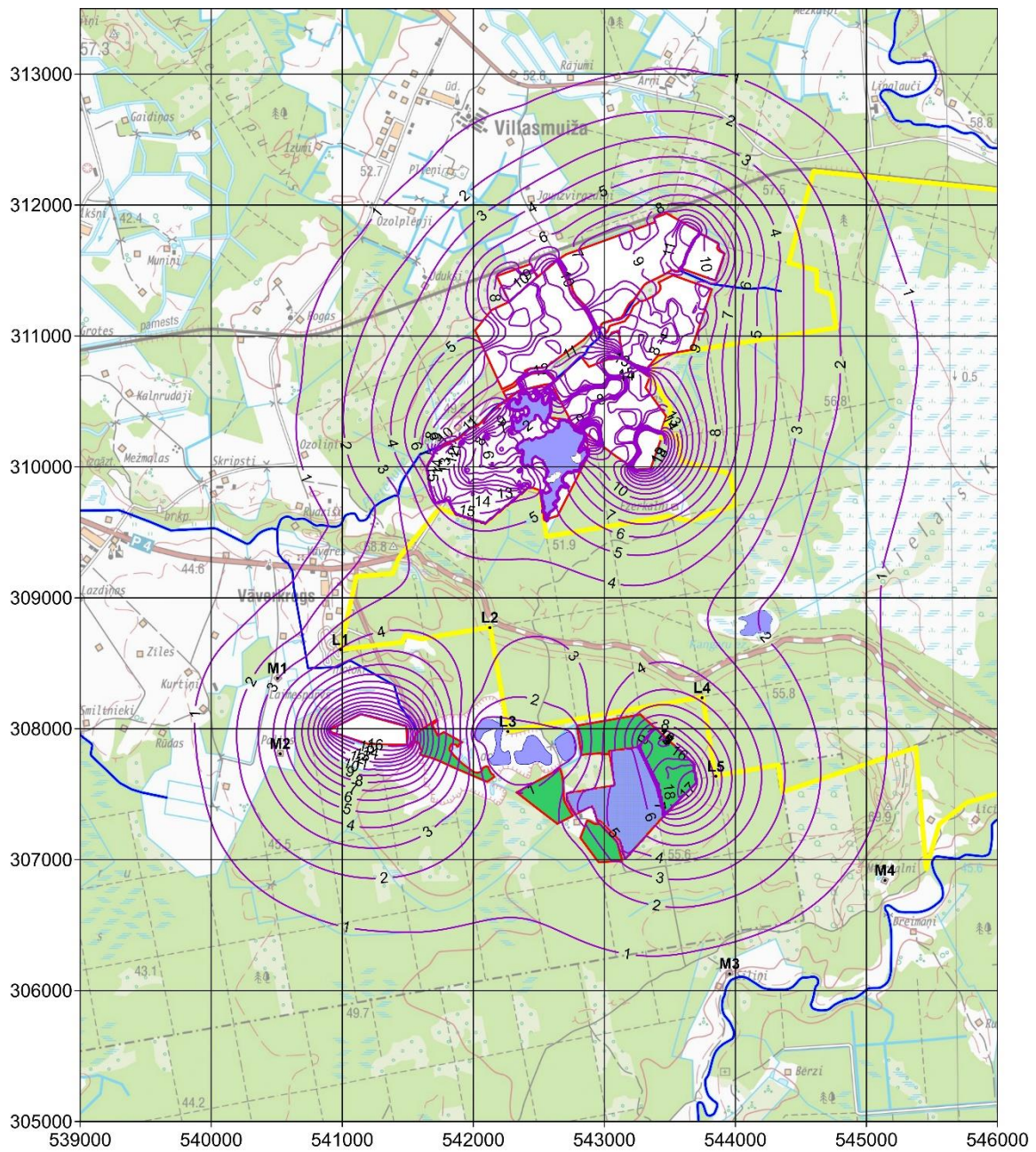
### 5.3.3 Trešais etaps

Laukumam 3 tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena. Uz robežas ar pirmo laukumu tā ir 30 metru plata. Rezultātā tika iegūta depresijas piltuve, skat. 5.8. att., tās iegūšanai no karjera Tūrkalne ir nepieciešams atsūknēt -6423.87 [m<sup>3</sup> dienn]. Apkopotie dati virtuālos monitoringa urbumos skatāmi Tabula 5-5 Tabula 4-2. Manāma jūtama ietekme uz L4 un L5.

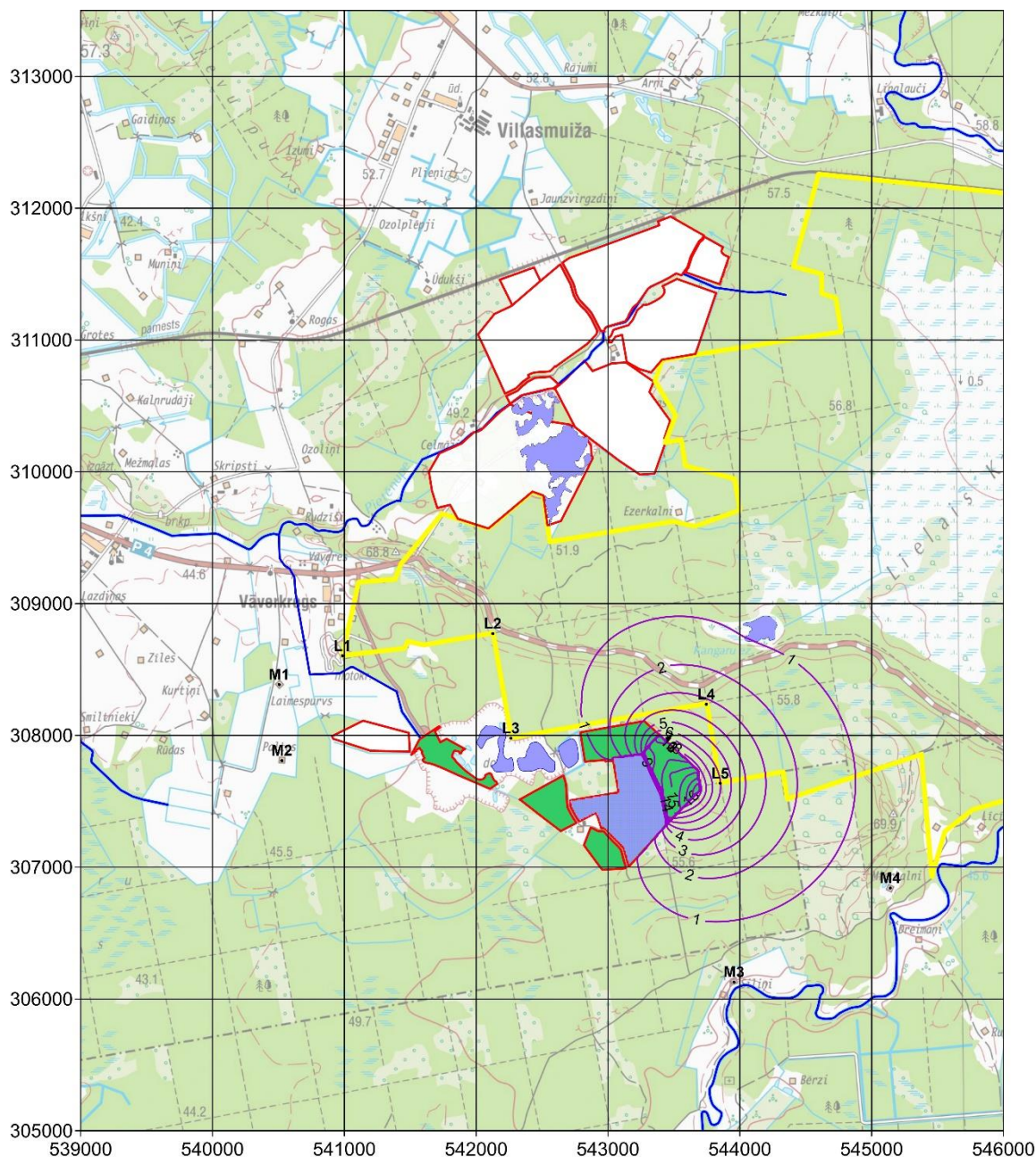
Depresijas piltuves izmaiņas, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 5.9. att.

Tabula 5-5 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, Tūrkalne trešais etaps

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Esošā situācija pazeminājums [m]	Esošā situācija un Tūrkalne pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.88	3.91	0.03
L2	50.89	2.87	3.21	0.34
L3	48.59	0.35	0.46	0.11
L4	54.80	0.77	4.61	3.84
L5	54.67	0.31	7.18	6.87
M1	45.65	2.96	2.97	0.01
M2	45.93	4.35	4.36	0.01
M3	50.06	0.04	0.52	0.48
M4	52.31	0.05	0.56	0.51



5.8. att. Depresijas piltuve, Tūrkalne trešais etaps esošā situācijā [m]



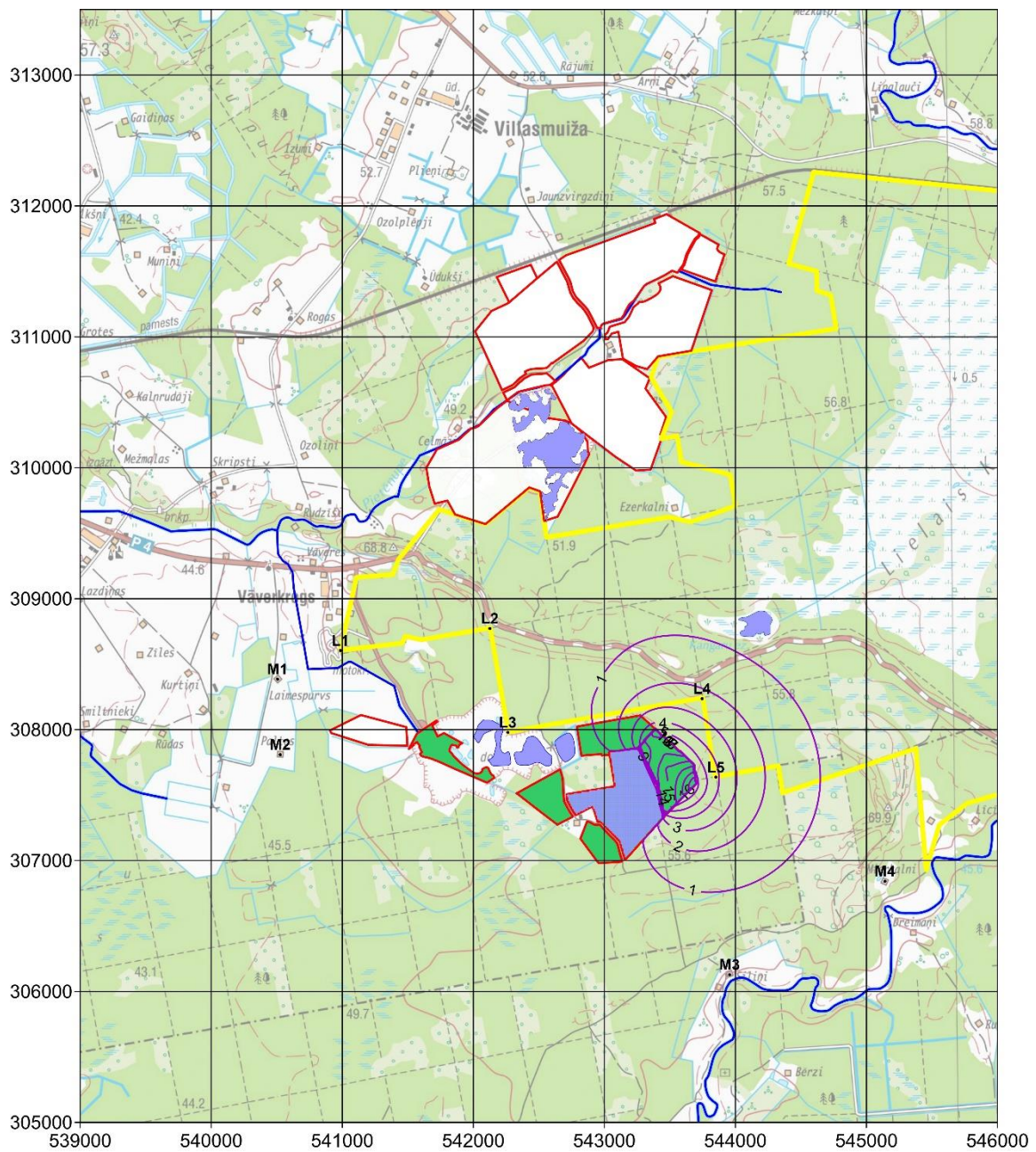
5.9. att. Depresijas piltuves izmaiņas, Tūrkalne trešais etaps esošā situācijā [m]

### 5.3.4 Trešais etaps ar pastiprinātu aizsargsienu

Papildus tika realizēts eksperiments, pastiprinot trešā etapa aizsargsienu tās ārējā daļā. Līdz ar to laukumam 3 pa visu tā perimetru tiek veidota 30 metru plata aizsargsienu. Rezultātā tika iegūta depresijas piltuve, tās iegūšanai no karjera Tūrkalne ir nepieciešams atsūknēt  $-5194.06$  [m<sup>3</sup> dienn], kas ir par  $-1229.81$  [m<sup>3</sup> dienn] mazāk nekā 3 etapa variantam ar 15 metru platu aizsargsienu. Apkopotie dati virtuālos monitoringa urbumos skatāmi **Error! Reference source not found.** Tabula 4-2.

Monitoringa urbomos ūdens līmeņa pazeminājums samazinājies par L4 un L5, attiecīgi par 0.95m un 1.59m, salīdzinot ar 3 etapu variantu ar 15 metru platu aizsargsienu.

Depresijas piltuves izmaiņas, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 5.10 att.



5.10 att. Depresijas piltuves izmaiņas, Tūrkalne trešais etaps ar pastiprinātu ārsienu esošā situācijā [m]

Tabula 5-6 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, Tūrkalne trešais etaps ar pastiprinātu aizsargsienu

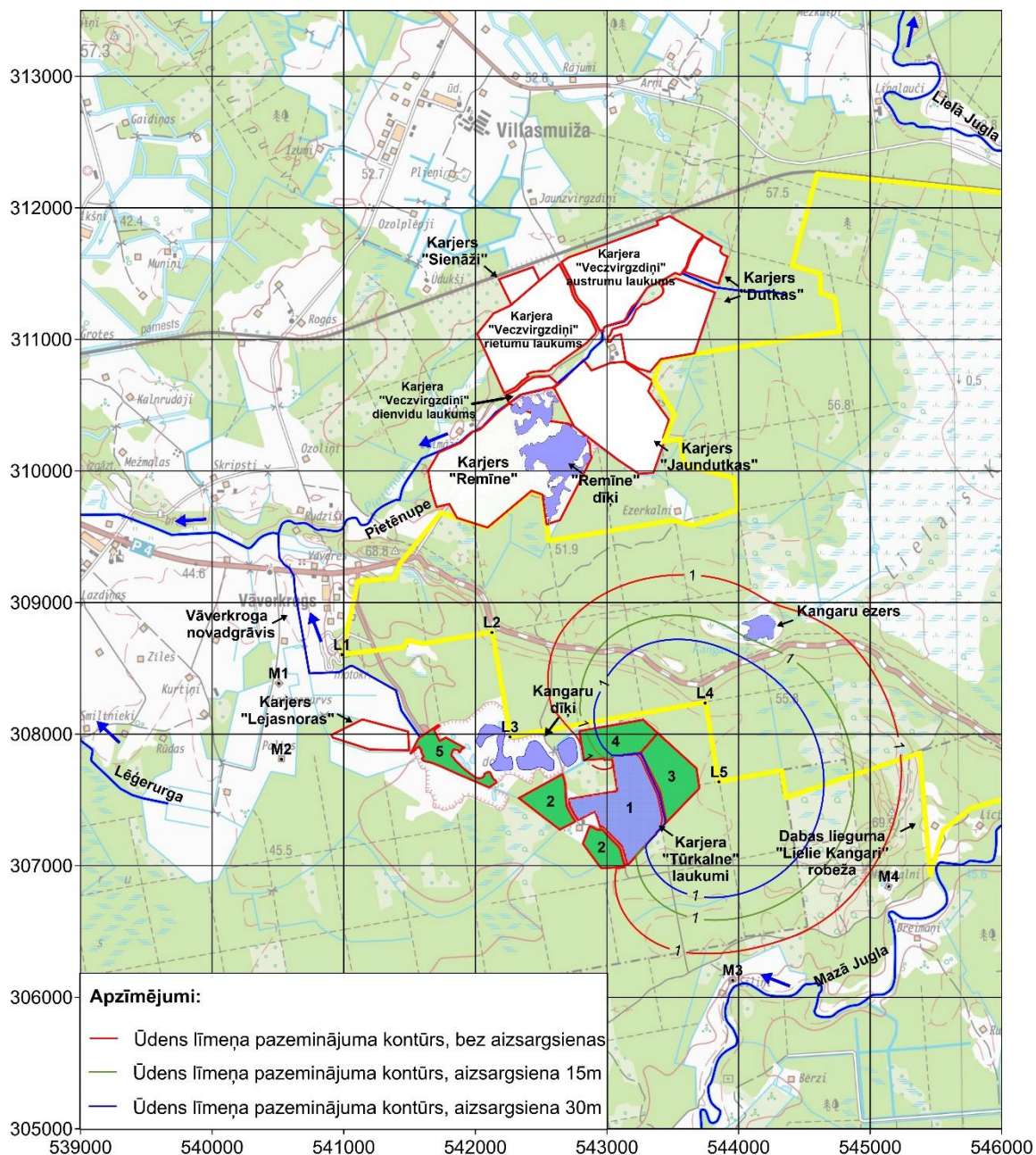
Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Esošā situācija pazeminājums [m]	Esošā situācija un Tūrkalne pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.88	3.91	0.03
L2	50.89	2.87	3.15	0.28
L3	48.59	0.35	0.44	0.09
L4	54.80	0.77	3.72	2.95
L5	54.67	0.31	5.59	5.28
M1	45.65	2.96	2.97	0.01
M2	45.93	4.35	4.36	0.01
M3	50.06	0.04	0.43	0.39
M4	52.31	0.05	0.44	0.39

### 5.3.5 Trešā etapa versiju salīdzinājums

Lai novērtētu trešā etapa izstrādes variantus, esošā situācijā tika veikta modelēšana trešajam, saglabājot modelī pirmā un otrā etapa aizsargsienas, taču bez trešā etapa aizsargsienas. Triju izstrādes variantu ārējie depresijas piltuves kontūri skatāmi 5.11. att. Var redzēt, ka 15 metru aizsargsienas izmantošana samazina depresijas piltuves areālu par aptuveni 380 metriem, bet 15 metru aizsargsienas izmantošana samazina depresijas piltuves areālu par aptuveni 630 metriem. Savukārt, salīdzinot ūdens līmeņa pazeminājuma vērtības virtuālos monitoringa urbumos, var redzēt aizsargsienu izmantošanas augsto efektivitāti attiecībā uz ietekmes uz apkārtējo vidi mazināšanu.

Tabula 5-7 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, Tūrkalne trešā etapa variantu salīdzinājums

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Esošā situācija pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa, bez aizsargsienas [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa, aizsargsiena 15m [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa, aizsargsiena 30m [m]
L1	46.85	3.88	0.05	0.03	0.03
L2	50.89	2.87	0.52	0.34	0.28
L3	48.59	0.35	0.16	0.11	0.09
L4	54.80	0.77	5.99	3.84	2.95
L5	54.67	0.31	10.56	6.87	5.28
M1	45.65	2.96	0.01	0.01	0.01
M2	45.93	4.35	0.01	0.01	0.01
M3	50.06	0.04	0.71	0.48	0.39
M4	52.31	0.05	0.79	0.51	0.39



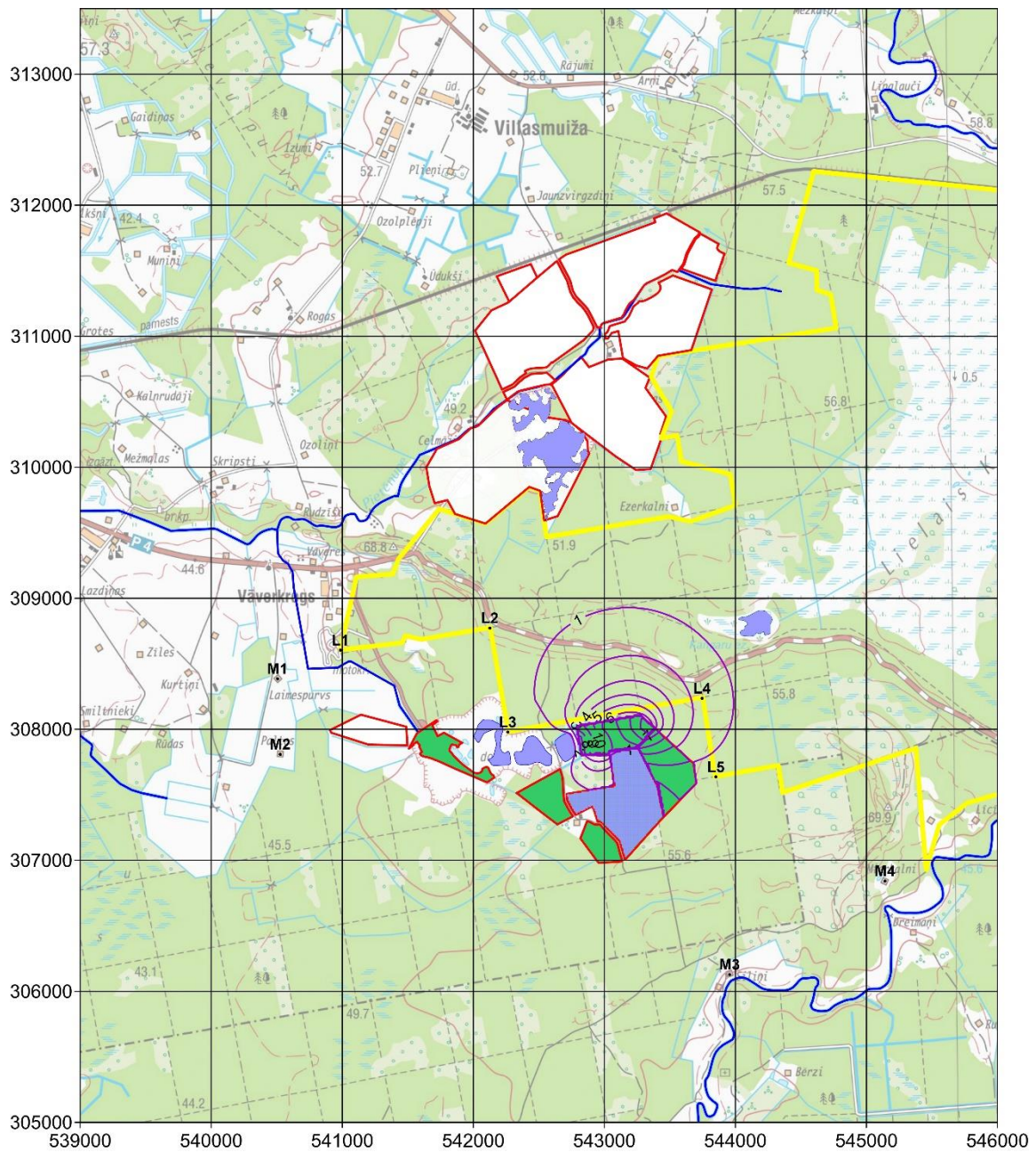
5.11. att. Depresijas piltuves izmaiņas, Tūrkalne trešais etaps, izstrādes variantu salīdzinājums[m]

### 5.3.6 Ceturtais etaps

Laukumam 4 tiek veidota 15 metru plata aizsargsiena. Uz robežas ar pirmo laukumu tā ir 30 metru plata. Rezultātā tika iegūta depresijas piltuve, tās iegūšanai no karjera Tūrkalne ir nepieciešams atsūknēt  $-4028.81 \text{ [m}^3 \text{ dienn.]}$ . Apkopotie dati virtuālos monitoringa urbumos skatāmi Tabula 5-8 Tabula 4-2. Lai arī ceturtais laukums ir

praktiski uz robežas ar dabas liegumu “Lielie Kangari”, tam ir salīdzinoši neliela ietekme uz kopīgo depresijas piltuvi.

Depresijas piltuves izmaiņas, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 5.12 att.



5.12 att. Depresijas piltuves izmaiņas, Tūrkalne ceturtais etaps esošā situācijā [m]



Tabula 5-8 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, Tūrkalne ceturtais etaps

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Esošā situācija pazeminājums [m]	Esošā situācija un Tūrkalne pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.88	3.93	0.05
L2	50.89	2.87	3.4	0.53
L3	48.59	0.35	0.55	0.2
L4	54.80	0.77	3.11	2.34
L5	54.67	0.31	2.15	1.84
M1	45.65	2.96	2.97	0.01
M2	45.93	4.35	4.36	0.01
M3	50.06	0.04	0.25	0.21
M4	52.31	0.05	0.22	0.17

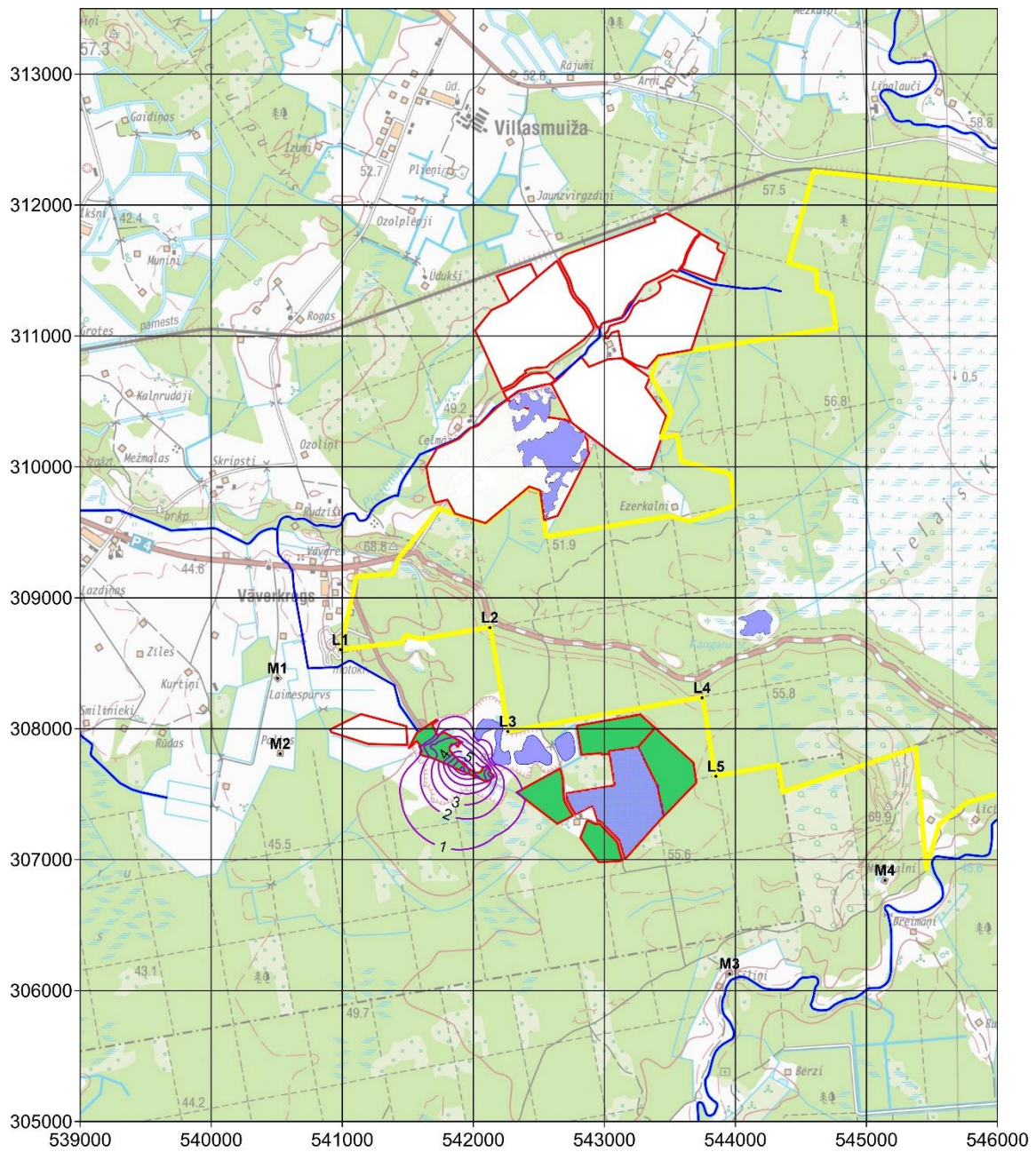
### 5.3.7 Piektais etaps

Laukuma 5 izstrāde notiek bez zemes aizsargsienas, laukuma formas īpatnību dēļ. Rezultātā tika iegūta depresijas piltuve, tās iegūšanai no karjera Tūrkalne ir nepieciešams atsūknēt -1760.97 [m<sup>3</sup> dienn]. Apkopotie dati virtuālos monitoringa urbumos skatāmi Tabula 5-9 Tabula 4-2. Lai arī piektajam laukumam nav paredzēta aizsargsiena, tam ir neliela ietekme uz kopīgo depresijas piltuvi.

Depresijas piltuves izmaiņas, ko šajā etapā kopīgā depresijas piltuvē ienes karjera Tūrkalne ūdens līmeņu pazeminājums, skatāma 5.13 att.

Tabula 5-9 Ūdens līmeņa pazeminājumi virtuālos monitoringa urbumos, Tūrkalne piektais etaps

Virtuālā monitoringa urbuma šifrs	Netraucētais stāvoklis [m vjl]	Esošā situācija pazeminājums [m]	Esošā situācija un Tūrkalne pazeminājums [m]	Tūrkalne pazeminājuma daļa [m]
L1	46.85	3.88	3.9	0.02
L2	50.89	2.87	2.99	0.12
L3	48.59	0.35	0.41	0.06
L4	54.80	0.77	1.2	0.43
L5	54.67	0.31	1.14	0.83
M1	45.65	2.96	2.98	0.02
M2	45.93	4.35	4.42	0.07
M3	50.06	0.04	0.22	0.18
M4	52.31	0.05	0.14	0.09



5.13 att. Depresijas piltuves izmaiņas, Tūrkalne piektais etaps esošā situācijā [m]

## 6 Kopsavilkums

Esošā pētījumā ar hidroģeoloģiskās modelēšanas palīdzību tika veiktas prognozes par atradne Tūrkalne pazemes ūdens līmeņa pazeminājuma ietekmi uz apkārtējām teritorijām, īpašu uzmanību pievēršot dabas liegumam “Lielie Kangari” un tuvumā esošām māsaimniecībām. Pamatā tika modelēti trīs apkārtējās vides scenāriji – darbojas tikai Tūrkalnes karjers; darbojas kopā ar “Lejasnoras” karjeru; darbojas kopā ar “Lejasnoras”, “Dutkas”, “Jaundutkas”, “Sienāži”, “Veczvirczdiņi” un “Remīne” karjeriem. Tūrkalnes karjera izstrādē tika apskatīti divi iespējamie scenāriji – visu karjera laukumu izstrāde vienlaicīgi; karjera laukumu izstrāde secīgi, veidojot ap izstrādājamiem laukumiem no licences laukuma pamatnes pa perimetru 15 metru platu zemes aizsargvalni.

Nevienā no sešām kombinācijām vide/scenārijs nerodas kritiska ar ūdens līmeņu pazeminājumiem tuvējo māju akās. Lielākais aprēķinātais ūdens līmeņu pazeminājums D3dg slānī tika novērots mājām “Paltes” M2 (4.46m) pie Tūrkalnes visu laukumu vienlaicīgas izstrādes kopā ar citiem karjeriem. Ņemot vērā to, ka Tūrkalnes daļa kopējā pazeminājumā šeit ir tikai 0.11m, uzskatāms, ka ūdens līmeņa izmaiņu ietekmes ziņā uz tuvējām māsaimniecībām, ir akceptējami abi Tūrkalnes izstrādes scenāriji.

Dabas liegumā “Lielie Kangari” izdalāmi: augstais purvs “Lielie Kangari”, liegumam piekritīgas meža teritorijas. Tūrkalnes visu laukumu vienlaicīgas izstrādē kopā ar citiem karjeriem ūdens līmeņu pazeminājums lielā daļā purva sasniedz 1-2 metri, no kuriem Tūrkalnes ietekme manāma vien purva dienvidu daļā, atrašanās tuvuma dēļ. Ūdens līmeņu izmaiņu ietekme augstā purva apakšā ne sevišķi ietekmē procesus purva augšpusē, tā attīstībai nepieciešamais ūdens pamatā tiek saņemts ar nokrišņiem [9]. Tomēr, šādu pieņēmumu nav iespējams attiecināt uz dabas lieguma “Lielie Kangari” meža teritorijām. Modelēšanas eksperimenti parādīja ka vienlaicīga Tūrkalnes laukumu izstrāde nav vēlama dēļ augstām ūdens līmeņu pazeminājuma vērtībām uz robežas ar dabas liegumu. Tūrkalnes visu laukumu vienlaicīgas izstrādē kopā ar citiem karjeriem maksimālais ūdens līmeņa pazeminājums Q2 slānī L5=11.42m, ko nevar uzskatīt par akceptējamu no dabas aizsardzības viedokļa. Līdz ar to vienlaicīga Tūrkalnes laukumu izstrāde nav piemērots izstrādes variants. Tūrkalnes karjera divu laukumu malas ir kopīgas ar dabas liegumu, situācijas normalizēšanai ir paredzēta secīga laukumu izstrāde. Modelēšanas rezultāti parāda šīs pieejas efektivitāti. Tā, Tūrkalnes trešā etapa izstrādē kopā ar citiem karjeriem maksimālais ūdens līmeņa

pazeminājums Q2 slānī  $L5=6.87\text{m}$ , kas ir par  $4.55\text{m}$  mazāks pazeminājums, nekā vienlaicīgas izstrādes gadījumā. Tūrkalnes secīgā izstrādē trešajam etapam ir lielākā ietekme uz dabas liegumu "Lielie Kangari". Gadījumā, ja 3 laukumam ārējais perimetrs tiek izbūvēts  $30\text{m}$  platumā, tad pazeminājums Q2 slānī ir vien  $L5=5.59\text{m}$ .

Pasūtītāja izstrādātajā plānā iekļautais Tūrkalnes karjera plašās teritorijas sadalījums sešos izstrādes laukumos, zemes aizsargsienas izbūve, pirmā laukuma appludināšana – atzīstami par efektīviem ietekmes uz vidi samazināšanas pasākumiem.

Modelēšanas rezultāti un to analīze parāda Tūrkalnes karjera secīgas izstrādes scenāriju kā atbilstošu saudzīgai saimnieciskai darbībai dabas lieguma tiešā tuvumā.

## 7 Literatūras saraksts

- [1] V. M. centrs, «Hidroģeoloģiskais modelis LAMO,» 2022. [Tiešsaiste]. Available: [http://www.emc.rtu.lv/lamo\\_lv.htm](http://www.emc.rtu.lv/lamo_lv.htm).
- [2] K. K. O. A. I. L. J. Š. Š. I. E. A. M. I. T. L. G. Aivars Spalviņš, «Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 pielietošana vides problēmu risināšanai,» %1 *Latvijas ekosistēmu dinamika klimata ietekmē*, Rīga, Latvijas Hidroekoloģijas institūts, pp. 80-88.
- [3] A. Spalviņš, «Ietekmes uz vidi novērtējums par hidroloģiju un ģeoloģiju derīgo izrakteņu atradnei Lejasnoras Ropažu novadā, pārskats līgumam starp SIA “Vides eksperti” un Rīgas Tehnisko universitāti,» Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, 2019.
- [4] I. K.Krauklis, «Atzinums par derīgo izrakteņu ieguves atradnēs „Veczvirgzdiņi” izraisītu hidroģeoloģiskā režīmu izmaiņu prognozi,» 10 10 2022. [Tiešsaiste]. Available: [http://www.emc.rtu.lv/issues/2022/Veczvirgzdi%C5%86i\\_ataskaite.pdf](http://www.emc.rtu.lv/issues/2022/Veczvirgzdi%C5%86i_ataskaite.pdf). [Pieklūts 24 01 2023].
- [5] «Groundwater Modeling Software,» ESI Software, 2022. [Tiešsaiste]. Available: [https://www.groundwatermodels.com/ESI\\_Software.php](https://www.groundwatermodels.com/ESI_Software.php).
- [6] LĢIA, «Digitālais reljefa modelis,» [Tiešsaiste]. Available: <https://www.lgia.gov.lv/lv/Digit%C4%81lais%20reljefa%20modelis>.
- [7] A. Spalviņš, «Vērtējums par hidroloģiskajiem, hidroģeoloģiskajiem un inženierģeoloģiskajiem apstākļiem meža meliorācijas sistēmai “Zāmeļu-Tīsu mežs” un tai piegulošajai teritorijai, pārskats līgumam starp AS Latvijas Valsts meži un Rīgas Tehnisko universitāti,» Rīgas Tehniskā universitāte, 2022, 2019.
- [8] M. kabinets, «Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-05 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves",» 26 08 2005. [Tiešsaiste].

Available: <https://www.vestnesis.lv/ta/id/115151-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-224-05-meliorācijas-sistemas-un-hidrotehniskas-buves->.

- [9] K. E. I. L. I. Krauklis, «Zinātniskais pamatojums Teiču dabas rezervāta ārējās aizsargjoslas noteikšanai,» RTU, Rīga, 2021.