

**Rīgas Tehniskā universitāte
VIDES MODELĒŠANAS
CENTRS**

Gruntsūdens režīma izmaiņu modelēšana objektam Kauguru ielā 3, Jūrmalā

Pārskats

Rīga - decembris, 2016

Gruntsūdens režīma izmaiņu modelēšana objektam Kauguru ielā 3, Jūrmalā

Pārskats ietver darba rezultātus, kas iegūti Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes Vides modelēšanas centrā (VMC) izpildot SIA “VentEko” pasūtījumu. Izveidots detalizēts Kauguru ielas 3, Jūrmalā teritorijas būvbedru hidroģeoloģiskais modelis. Izmantojot modeli, aprēķinātas gruntsūdens pazeminājuma piltuves. Novērtēta būvbedres atsūkņēšanas sistēmas ražība sākuma periodam un stacionāram režīmam. Atskaitē ir 5 lpp. teksta, 5 tabulas un 9 attēli.

Adrese:

Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs
Daugavgrīvas iela 2, Rīga, LV-1007, Latvija
Tālr.: +371 708511, +371 7089518; Fax: +371 7089531
E-mail: emc@cs.rtu.lv
URL: <http://www.emc.rtu.lv>

RTU, VMC direktors
_____A.Spalviņš

SATURS

	lpp.
1. Priekšvārds	2
2. Hidroģeoloģiskais modelis	2
3. Modelēšanas metodika	3
4. Atsūkņēšanas sistēmu ražība	3
5. Būvbedres nosusināšanas kontūra posmu ražība	4
6. Secinājumi	4
7. Literatūra	5

Tabulas

1. tabula. HM vertikālā shematizācija
2. tabula. HM varianti un gruntsūdens līmeņa pazeminājumi [m] virtuālajos monitoringa punktos
3. tabula. Pazemes ūdens plūsmu bilances [m^3/dnn] bilances Q1 un Q2 slāņos HM variantiem
4. tabula. Būvbedres sūkņu ražība [m^3/dnn] modeļa variantiem
5. tabula. Urbumu skaita ietekme 1a. variantam uz sūkņu un urbumu ražību

ATTĒLI

1. att. Hidroģeoloģiskā modeļa areāls ar virsmas reljefa izolīnijām [m vjl]
2. att. Pirmās būvbedres apkārtnes depresijas piltuve 1c. variantam Q2 slānī
3. att. Otrās būvbedres apkārtnes depresijas piltuve 2b. variantam Q2 slānī
4. att. Depresijas piltuve 1a. variantam Q2 slānī
5. att. Depresijas piltuve 1c. variantam Q2 slānī
6. att. Depresijas piltuve 2b. variantam Q2 slānī
7. att. Depresiju piltuves vertikālie griezumi MR-MA variantiem 1a., 1c., 2b. Q2 slānī
8. att. Pirmās būvbedres nosusināšanas kontūra posmu ražība 1a. variantam
9. att. Otrās būvbedres nosusināšanas kontūra posmu ražība 2a. variantam

1. Priekšvārds

Pētījums veikts Rīgas tehniskās universitātes (RTU) Vides modelēšanas centrā (VMC), īstenojot SIA Venteko sagatavoto darba uzdevumu pakalpojuma līgumam “Gruntsūdens režīma izmaiņu modelēšana objektam Kauguru ielā 3, Jūrmalā”.

Ar datormodelēšanas līdzekļiem bija jānovērtē divu nosusinātu būvbedru radīto gruntsūdens līmeņu izmaiņu, kā arī sūkņu ražību būvbedru atsūkņēšanas sākumā un to stacionārajā režīmā.

Izmantojot SIA Venteko datus [1], izveidots būvbedru teritorijas hidroģeoloģiskais modelis (HM).

Aprēķini veikti ar licenzēto programmu Groundwater Vistas (GV) [2]. Datu gatavošanai izmantota sistēma Arc GIS [3]. Daļa no HM datiem iegūta no Latvijas HM LAMO4 [4]. Grafisko materiālu noformēšanai izmantota sistēma SURFER11 [5].

2. Hidroģeoloģiskais modelis

Būvlaukuma teritorijas HM aizņem 1100m×700m lielu laukumu (1. att.). Modeļa plaknes režģa aproksimācijas solis ir viens metrs. HM vertikālā shematizācija skatāma 1. tabulā. Modelim ir 8 slāņi. Pirmais un astotais slānis (relh un D3am) tiek izmantoti nulles robežnoteikumu fiksēšana. Slāņi Q1, Q2, Q3, Q4 modelē kvartāra smilšu horizontu Q: Q1 - būvbedres un infitrācijas baseina zona; Q2 – nosusināšanas kontūra zona; Q3 un Q4 - smilšu horizonta apakšējā daļa. Slāņi Nr. 4, 5, ..., 8 ir plakani. Dati par slāņu Q4 un gQ vidējo pamatnes augstumu (-17.0 m vjl un -29 m vjl) iegūti no LAMO4 [4].

Slāņa Q1 pamatnes augstumu -0.55m nosaka betona būvķermeņu esamība. Kā 0.02 m biezā relh slāņa pamatne ir izmantota SIA Venteko dotā reljefa virsmas digitālā karte [1]. Arī vidējais aerācijas zonas biezums 1.5 metri; smilšu slāņa filtrācijas koeficients $k=4.0$ m/dnn un porainība 0.3 iegūti no avota [1]. Vidējās filtrācijas koeficientu vērtības sprostslāņiem aer un gQ ($k_{aer}=10^{-4}$ m/dnn un $k_{gQ}=10^{-3}$ m/dnn) iegūti no LAMO4 [4]; būvķermeņiem $k=10^{-4}$ m/dnn.

Parasti HM augšējo un apakšējo virsmu veido kā ūdens necaurlaidīgu. Kauguru ielas būvobjekta HM ar slāņu relh, aer un gQ, D3am izmantošanu ņem vērā pazemes ūdens pārteci no horizonta Q uz relh un D3am, t.i., iegūst ticamāku prognozi.

Kopīgais HM telpiskā aproksimācijas režģa šūnu skaits ir $1100 \times 700 \times 8 = 6.16 \cdot 10^6$.

Ar HM ir jāiegūst būvbedru atsūkņēšanas dēļ izveidojusies gruntsūdeņu līmeņu depresijas piltuve, t.i., jāaprēķina novirze no netraucētā pazemes ūdens stāvokļa. Netraucēto stāvokli raksturo nulles ūdens līmeņu pazeminājuma vērtības uz visas HM ārējās virsmas.

Depresijas piltuves centrā atrodas būvbedres nosusināšanas kontūrs, kurš atrodas 5 metru attālumā no būvbedres malas: (skat. 2. att. un 3. att.). Pirmais un otrais būvbedrei ar Q2 slāni kontūrā ir 404 un 314 saites, kuras atrodas viena metra attālumā viens no otra. Saišu skaitu kontūrā nosaka HM plaknes aproksimācijas solis (viens metrs) un kontūra garums. Kontūra saites fiksē būvbedres pazeminājuma S vērtību. Kontūru var īstenot ar horizontālu drenu vai urbumiem. Abām būvbedrēm izmantots $S=4$ metri. Šī vērtība iegūta sekojošu apsvērumu rezultātā: vidējais reljefa augstums abās būvbedrēs ir ~ 3.5 m vjl; lai panāktu būvbedres nosusināšanu visā tās laukumā (skat. 2.att. un 3. att.), kontūram būtu jābūt līmenī -2 m vjl, t.i., pret zemes virsmu būtu jānodrošina pazeminājums 5.5 metri = $(3.5+2.0)$ metri; ja ņem vērā, ka aerācijas zonas vidējais biezums ir ~ 1.5 metri, tad iegūst $S=4.0=(5.5-1.5)$ [metri]. Kontūra līmenis -2m vjl dod 0.9m pazeminājuma rezervi attiecībā pret būvbedres pamatni -1.1 m vjl (arī būvbedru stūros).

Infitrācijas baseinam pirmajai būvbedrei pazeminājums ir $S_b=0.5$ metri visā baseina laukumā. Šī vērtība iegūta šādu apsvērumu rezultātā: ja ūdens slāņa biezums baseinā ir 0.5 metri,

tad tā ūdens līmenis būs $2.0+0.5=2.5$ [m vjl] (2.0 m vjl] baseina dibena augstums). Baseina laukumā vidējais reljefa augstums ~ 3.0 m vjl; tāpēc $S_b=3.0-2.5=0.5$ [metri], jo zem baseina nav aerācijas zonas.

3. Modelēšanas metodika

Jāiegūst informācija par divu būvbedru atsūkņēšanas izsaukto pazeminājumu Δ rietumos un austrumos no būvlaukuma (darba uzdevumā ± 500 metri), kā arī jāprognozē atsūkņēšanas sistēmu ražība darbu sākuma posmā un stacionārā režīmā.

Slānī Q2 fiksēti divi virtuāli monitoringa punkti (MR un MA) ± 400 metru attālumā uz rietumiem un austrumiem no atsūkņēšanas testa vietas (skat. 1. att.). Vislielāko apdraudējumu gruntsūdens līmeņu pazeminājums var radīt rietumu pusē individuālo māju ciemata ūdens apgādei no grodu akām un no sekliem urbumiem Q horizontā.

Ar datormodelēšanu var novērtēt, kāda ir atsevišķu būvlaukuma elementu (betona būvķermeņu, infiltrācijas baseina) ietekme uz būvbedres depresijas piltuves formu un sūkņu ražību.

Pirmajai un otrajai būvbedrei atbilst secīgi modeļa varianti 1a., 1b., 1c., un 2a., 2b. Modeļa variantu apraksts un aprēķinātie pazeminājumi Δ punktos MR un MA skatāmi 2. tabulā. Var secināt, ka betona būvķermeņu esamība praktiski neietekmē Δ vērtības. Tikai infiltrācijas baseina izmantošana (1c. variants) nedaudz samazina Δ punktā MR ($0.36 \rightarrow 0.23$).

Depresijas S piltuves Q2 slānī skatāmas 2. att. un 3. att. (1c. un 2b. varianti pirmās un otrās būvbedres apkārtnē), kā arī 4. att. 5. att., 6. att. (1a., 1c., 2b. variantiem HM areālam). Griezums MR-MA depresijas piltuvēm Q2 slānī 1a., 1c., 2b. variantiem skatāms 7. att. No 7. att. grafikiem var secināt:

- pazeminājuma samazināšanās visiem modeļa variantiem būvbedres centrā un malās nepārsniedz ($0.2-0.7$) metrus;
- variants 1c. punktā MR dod relatīvi nelielu Δ samazinājumu ($0.36 \rightarrow 0.23$) metri, salīdzinot ar 1a variantu bez infiltrācijas baseina;
- otrā būvbedre atrodas tuvāk dzīvojamo māju ciematam un tās radītais pazeminājums punktā MR (0.51 m) ir lielāks par pirmās būvbedres ietekmi (0.36 m 1a. variantam).

Būvbedru atsūkņēšanas sistēmu ražību nosaka ar GV rīku “Mass balance” [2].

4. Atsūkņēšanas sistēmu ražība

Visiem modeļa variantiem ar GV rīku “Mass balance” aprēķinātās pazemes plūsmu bilances slāņiem Q1 un Q2 ir skatāmas 3. tabulā. Balancei ir šādas plūsmas: caur slāņa apakšu, augšu, robežu; plūsmas avots (nosusināšanas kontūrs Q2 slānī, baseins Q1 slānī). Balance aprēķināta poligonā, kurš ir kopīgs abām būvbedrēm (skat. 1. att.).

Ja salīdzina 1a. un 1b. variantus (Q1 slānī ir betona būvķermenis ar $k=10^{-4}$ m/dnn), tad būvķermenis Q1 slānī tikai nedaudz samazina ($897.29 \rightarrow 876.72$) [m^3/dnn] sūkņu ražību.

Ja Q1 slānī darbojas infiltrācijas baseins (1c. variants), tad sūkņu ražība jāpalielina (līdz $1160.37 \text{ m}^3/\text{dnn}$, bet $428.68 \text{ m}^3/\text{dnn}$ no šī ūdens daudzuma ir jāizmanto baseina barošanai. Tāpēc no pirmās būvbedres būs jāizvada projām $732.69 \text{ m}^3/\text{dnn} = (1160.37 - 428.68) [\text{m}^3/\text{dnn}]$.

No bilancēm 2a. un 2b. variantiem var secināt, ka pat relatīvi liela betona būvķermeņa eksistence maz ietekmē atsūkņēšanas sistēmas ražību ($829.93 \rightarrow 807.47$) m^3/dnn .

Ja faktiskā filtrācijas koeficienta vērtība k_{fakt} smilšu slānim atšķiras no $k=4.0$ m/dnn, tad faktisko sūkņu sistēmu ražību q_{fakt} dod sakarība $q_{\text{fakt}} = q k_{\text{fakt}} / 4$.

Depresijas piltuves radītais pazeminājums Δ punktos MR un MA ir proporcionāls atsūkņēšanas kontūra pazeminājumam S ; ja faktiskais pazeminājums S_{fakt} nav $S=4\text{m}$, tad $\Delta_{\text{fakt}} = \Delta S_{\text{fakt}} / 4$.

Kopsavilkums par būvbedres sūkņu ražību skatāms 4. tabulā, kur 1a. un 2a. variantiem dota prognoze par atsūkņēšanas sistēmas ražību ($4544 \text{ m}^3/\text{dnn}$ un $4177 \text{ m}^3/\text{dnn}$), ja būvbedri atsūknē 45 dienās. Šīs prognozes ir iegūtas šādu apsvērumu rezultātā:

- būvbedres atsūkņēšanas sākuma posmā laikā t jānodrošina būvbedres pazeminājuma piltuves ūdens tilpuma atsūkņēšana un stacionārā režīma uzturēšana;
- pazeminājuma piltuves tilpums V_{pilt} pirmajai un otrajai būvbedrei ir 547 tūkst. m^3 un 502 tūkst. m^3 ; ūdens tilpums piltuvē $V_{\text{pilt}} = V_{\text{pilt}} \times \text{porainība}$; ja porainība ir 0.3 , tad V_{pilt} pirmajai un otrajai būvbedrei ir 164100 m^3 un 150600 m^3 ;
- lai laikā t atsūknētu V_{pilt} sūkņu ražība $q_t = V_{\text{pilt}} / t$; ja $t=45 \text{ dnn}$; pirmajai un otrajai būvbedrei q_t ir $3646.7 \text{ m}^3/\text{dnn}$ un $3396.7 \text{ m}^3/\text{dnn}$;
- kopīgā sūkņu ražība 45 dienām pirmajai un otrajai būvbedrei ir $3646.7+897.8 \sim 4544 \text{ m}^3/\text{dnn}$ un $(3346.7+829.9) \sim 4177 \text{ m}^3/\text{dnn}$.

Šī prognoze ir ļoti aptuvena, jo tā neņem vērā atsūkņēšanas procesu nestacionāro raksturu. Prognoze mainās, ja lieto citas laika t un smilšu porainības vērtības.

Rezultāti par abām būvbedrēm ir iegūti variantam, kurā nosusināšanas kontūrs atrodas būvbedres iekšpusē 5 metru attālumā no tās malas. Ja kontūrs atrodas uz būvbedres malas, tad nedaudz jāpalielina sūkņu ražība. Piemēram, pirmajai būvbedrei 1a. variantā ražība mainās no $897 \text{ m}^3/\text{dnn}$ uz $957 \text{ m}^3/\text{dnn}$.

5. Būvbedres nosusināšanas kontūra posmu ražība

Ar GV rīku “Accreation curve” var iegūt datus par nosusināšanas kontūra posmu ražību. Pirmās un otrās būvbedres kontūru posmu ražība variantiem 1a, 2a skatāma 8a. att. 9a. att. Kontūra posmu numerācija un būvbedres reljefa dati doti 8b. att. un 9b. att. Kontūru sākums atrodas to ziemeļu-austumu stūrī.

Kontūru posmu ražība nav vienāda. To ietekmē kontūra forma un zemes virsmas augstums. Lēcienveida izmaiņas ražības grafikos skaidrojamas ar GV sistēmas datu interpolācijas metodes trūkumiem kontūra krustojumos ar HM režģi.

Ja nosusināšanas kontūru īsteno ar horizontālu drenu, tad izvēloties tās parametrus, būtu jāreķinās ar drenu posmu ražības maiņu.

Ja nosusināšanas kontūru īsteno ar urbumiem, tad būs jāregulē to ražība kontūra posmos. Urbumu skaita ietekme uz sūkņu un urbumu ražību variantam 1a skatāma 5. tabulā. Urbumu skaita n samazināšana tikai nedaudz samazina sūkņu ražību q . Vidējā urbuma ražība q/n pieaug. Pazeminājuma zudums ΔMc pie $n=65$ sasniedz 0.39m .

Praksē nosusināšanas kontūru forma un novietojums var atšķirties no modeļa versijas. Tomēr ir jāreķinās, ka kontūra posmu ražība nav vienāda.

6. Secinājumi

Izveidots detalizēts Kauguru ielas 3, Jūrmalā būvbedru teritorijas telpisks hidroģeoloģisks modelis (8 slāņi , režģa plaknes solis viens metrs, modeļa režģa šūnu skaits 6.16×10^6).

Izmantojot modeli, aprēķinātas gruntsūdens līmeņu pazeminājuma piltuves abām būvbedrēm un noteikta to ietekme 400 m attālumā uz rietumiem un austrumiem no testa urbumu vietas. Vislielākā ietekme uz Ciematu rietumu virzienā būs otrās būvbedres depresijas piltuvei. Infiltrācijas baseina izmantošana pirmajai būvbedrei Ciematam dod tikai nelielu gruntsūdens līmeņa pazeminājuma uzlabojumu.

Novērtēta nepieciešamā būvbedru atsūkņēšanas sistēmu ražība to darbības sākuma periodam un stacionāram režīmam.

Modelēšanas rezultāti nevar pretendēt uz absolūtu ticamību reālos būvbedru nosusināšanas darbos. Praksē iespējami dažādi traucējumi (smilšošanas drenās vai urbemos, plūstošās smiltis u.c.) kā arī smilšu slāņa īpašību un nosusināšanas kontūru atšķirība no modelī izmantotajiem.

Būvbedru pazemes ūdens režīmu datormodelēšanai ir izmantoti Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 dati. LAMO4 veidots ar Latvijas valsts pētījumu programmas EVIDEnT atbalstu

7. Literatūra

1. SIA “Venteko” dati.
2. Environmental Simulations, Inc. *Groundwater Vistas. Version 6*, Guide to using, 2011
3. Esri, “ArcGIS for Desktop” 2016. [Online]. Available: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop> [Accessed Dec. 13.12.2016].
4. A. Spalviņš, „Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO pilnveidošanas starprezultāti”, Pārskats līgumam Nr.2015/63 (L8209 RTU Nr.), Pārskatu veido 30 lpp. teksta, kas ietver 9 tabulas un 15 attēlus, un 8 pielikumi, kuri sastāv no 13 tabulām un 47 attēliem (tai skaitā 13 ūdens līmeņu sadalījuma un 14 infiltrācijas plūsmu kartes).
5. Golden Software, Inc., *SURFER-12 for Windows*, Users manual, Guide to Using, 2015

TABULAS

1. tabula

HM vertikālā shematizācija

Slāņa Nr.	Slāņa nosaukums	Slāņa kods	Slāņa biezums [metri]	Slāņa filtrācijas koeficients k [m/dnn]	Slāņa pamatnes augstums [m vjl]
1.	reljefs	relh	0.02	4.0	rel
2.	aerācijas zona	aer	1.50	10^{-4}	rel-1.5
3.	būvbedres un infiltrācijas baseina zonas smiltis	Q1	2.0-9.0	4.0	-0.55
4.	nosusināšanas kontūra zonas smiltis	Q2	3.45	4.0	-4.0
5.	smiltis	Q3	6.5	4.0	-10.5
6.	smiltis	Q4	6.5	4.0	-17.0
7.	morēna	gQ	12.0	10^{-3}	-29.0
8.	pamatiezis	D3am	0.02	4.0	-29.02

2. tabula

Modeļa varianti, gruntsūdens līmeņa pazeminājums [m] virtuālajos monitoringa urbumos

Modeļa varianta indekss*	Modeļa elementi		Pazeminājums monitoringa punktos** [m]	
	Būvķermenis	Infiltrācijas baseins	Rietumu punkts MR	Austrumu punkts MA
1a	Nav	Nav	-0.36	-0.33
1b	Ir	Nav	-0.36	-0.32
1c	Ir	Ir	-0.23	-0.31
2a	Nav	Nav	-0.52	-0.20
2b	Ir	Nav	-0.51	-0.19

* varianti 1a., 1b., 1c. atbilst pirmajai būvbedrei; varianti 2a., 2b. atbilst otrajai būvbedrei

** virtuālie monitoringa punkti MR un MA atrodas ± 400 metru attālumā no atsūkņēšanas testa vietas

3. tabula

Pazemes ūdens plūsmu [m^3/dnn] bilances Q1 un Q2 horizontos modeļa variantiem

Slāņa kods	Augša	Apakša	Robeža	Avots
1a. variants				
Q1	7.55	-135.13	127.58	0.00
Q2	135.13	598.58	163.58	-897.29
1b. variants				
Q1	6.49	-130.77	124.28	0.00
Q2	130.77	590.98	154.97	-876.72
1c. variants				
Q1	5.09	-531.24	97.47	428.68
Q2	531.24	502.65	126.48	-1160.37
2a. variants				
Q1	8.52	-137.61	129.09	0.00
Q2	137.61	539.02	153.30	-829.93
2b. variants				
Q1	8.40	-141.55	133.15	0.00
Q2	141.55	530.85	135.07	-807.47

4. tabula

Būvbedres sūkņu ražība [m^3/dnn] modeļa variantiem

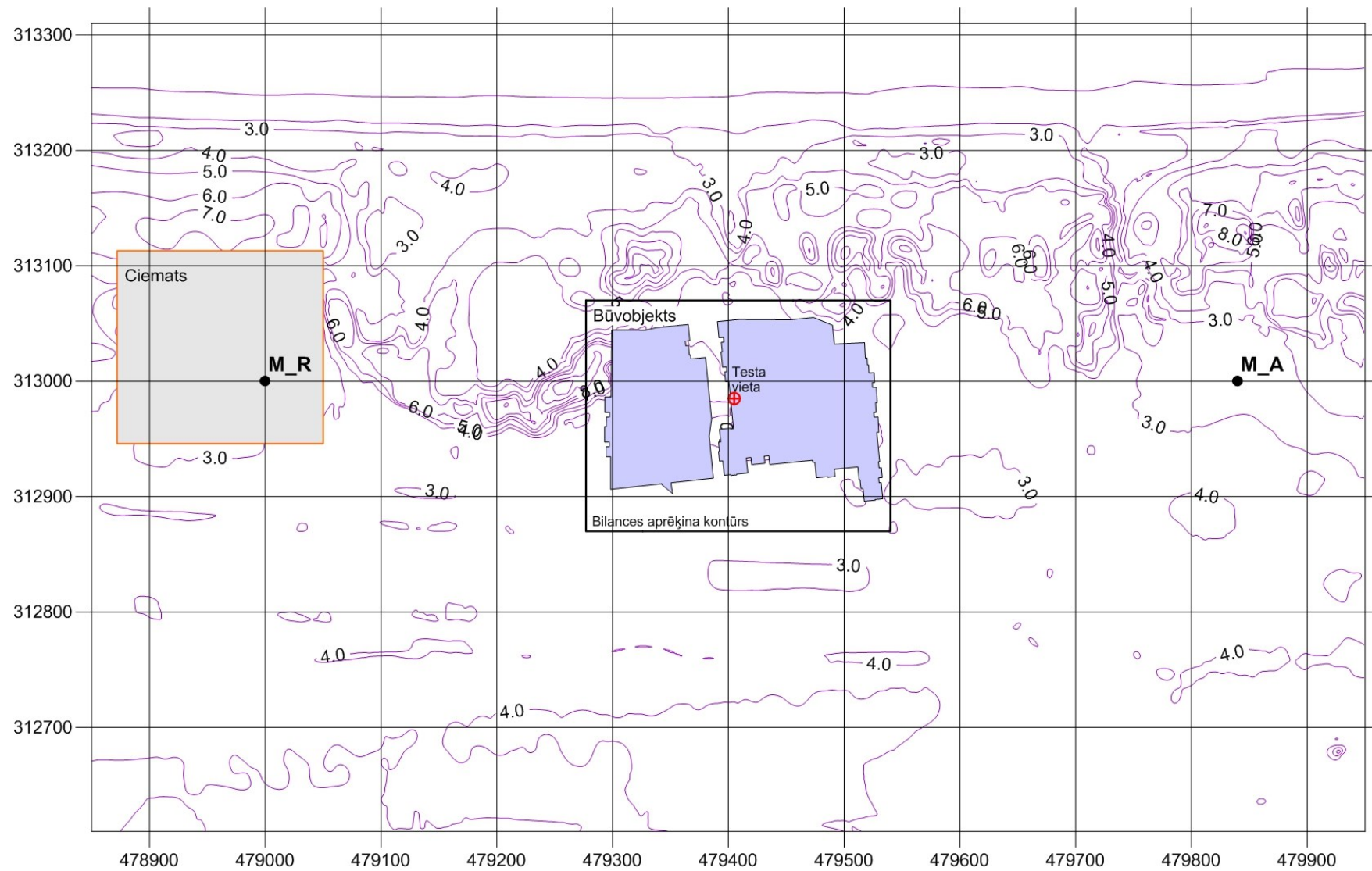
Modeļa varianta indekss	Būvbedres režīma uzturēšana [m^3/dnn]		Būvbedres atsūkņēšana 45 dienās [m^3/dnn]	Depresijas piltuves tilpums [tūkst. m^3]
	Sūkņu ražība	Infiltrācijas baseina barošana		
1a	897.29	-	4544	547
1b	876.72	-	-	-
1c	1160.37	428.68	-	-
2a	829.93	-	4177	502
2b	807.47	-	-	-

5.tabula

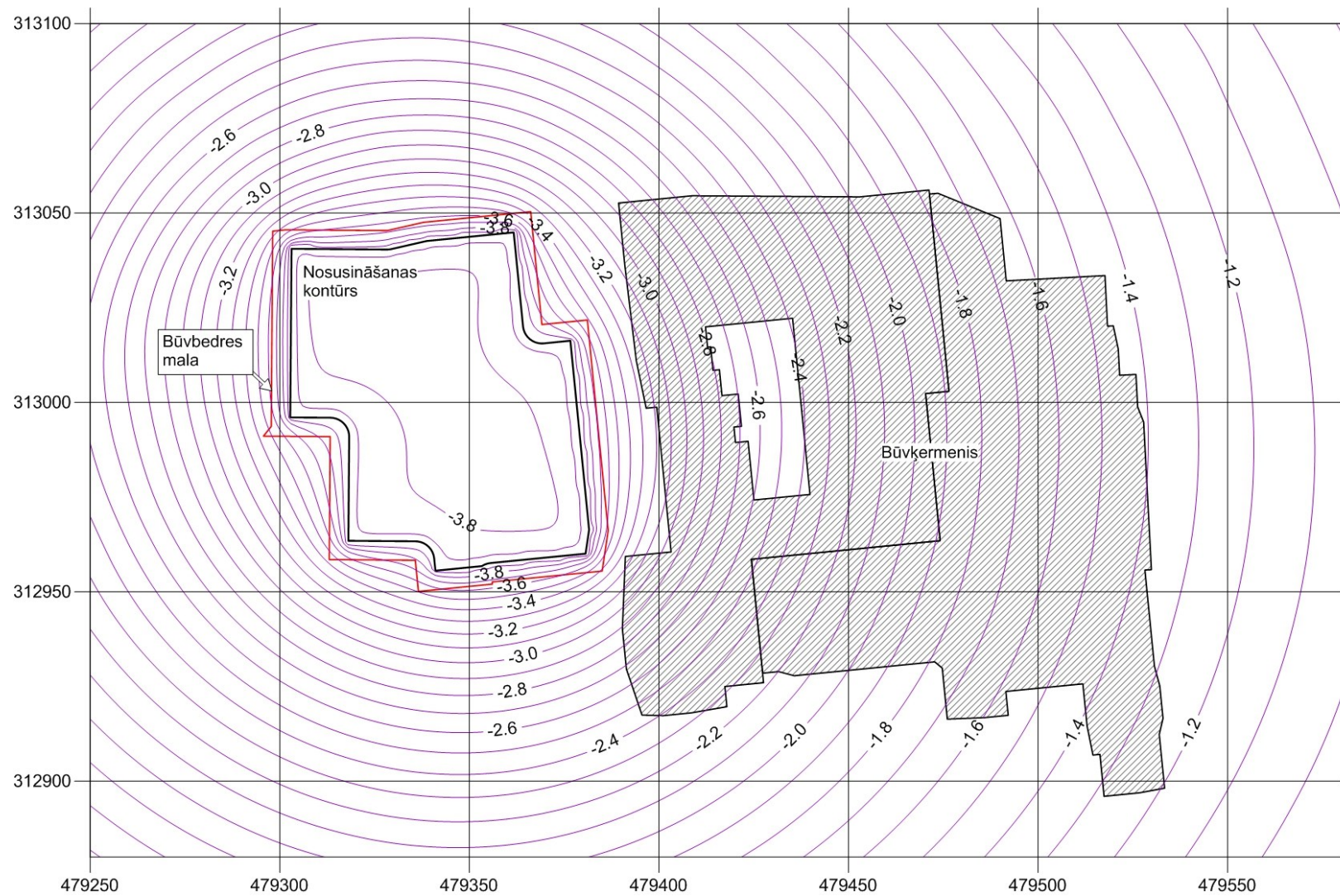
Urbumu skaita ietekme 1a variantam uz sūkņu un urbumu ražību

Urbumu skaits	Attālums starp urbumiem [metri]	Sūkņu ražība [m^3/dnn]	Vidējā ražība urbumā [m^3/dnn]	ΔMc^* [metri]
404	1	897	2.2	0.17
246	2	884	3.6	0.19
130	4	865	6.6	0.25
65	8	827	12.7	0.39

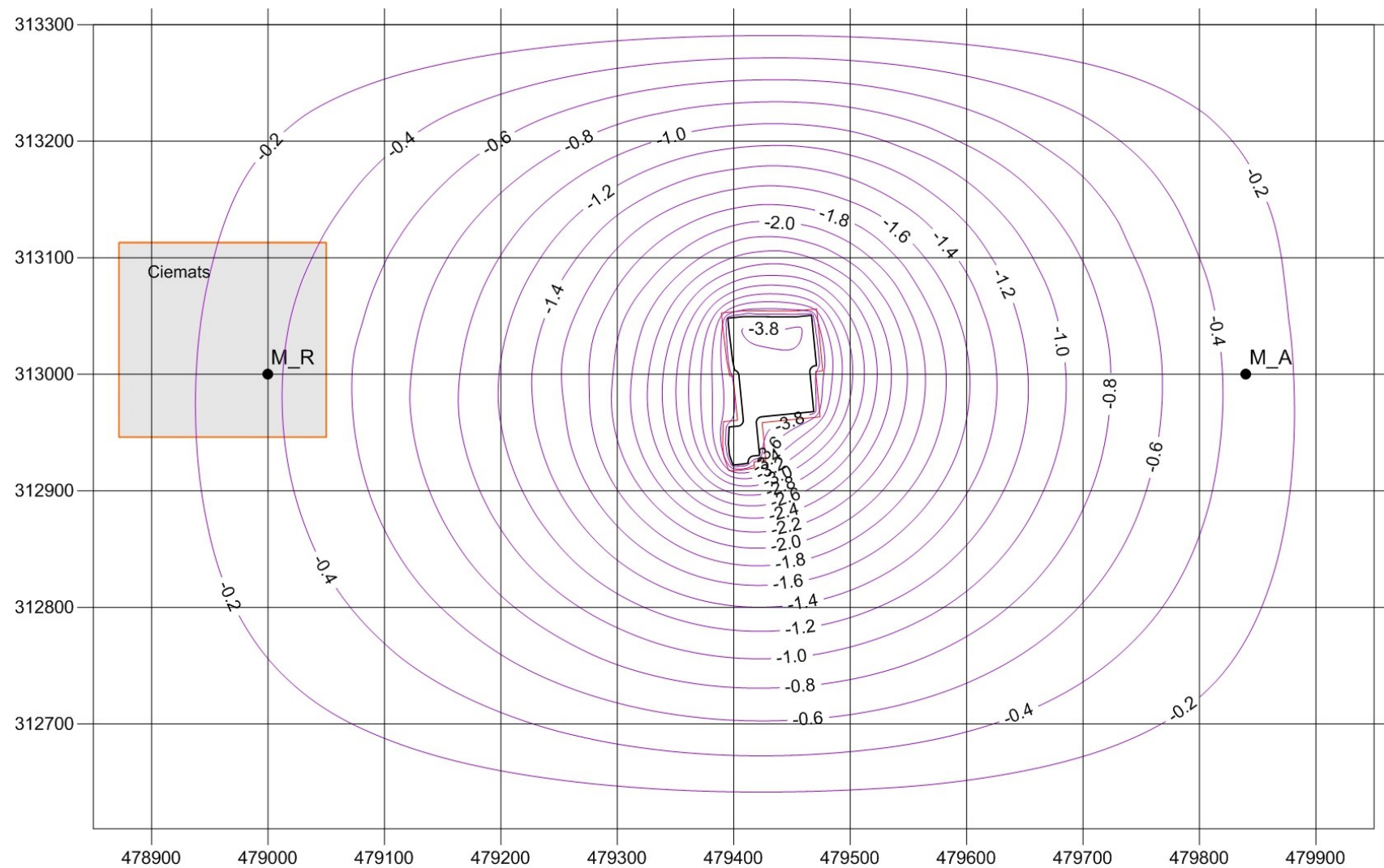
* ΔMc – pazeminājuma zudums pret -2 m vjl pirmās būvbedres centrā.



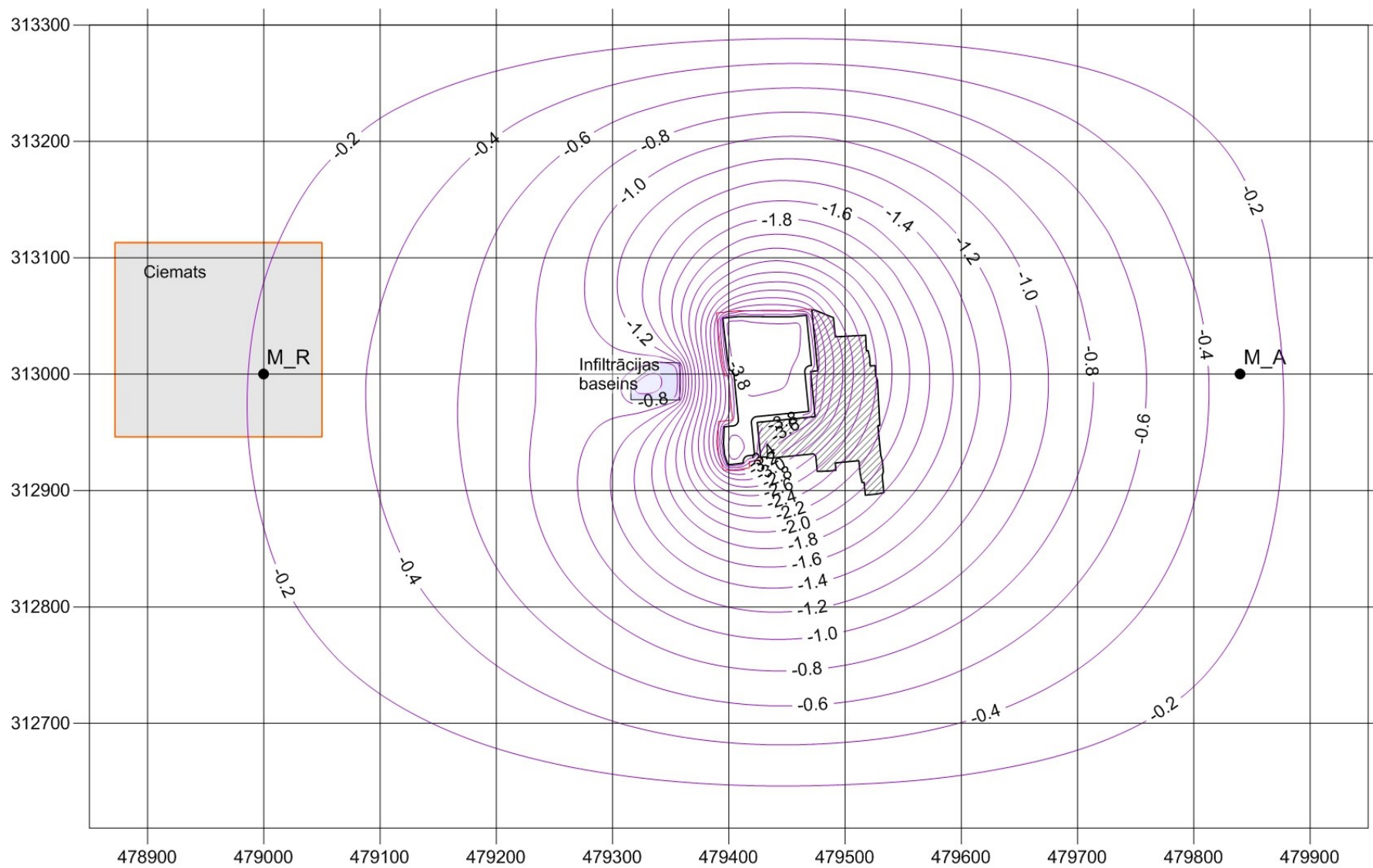
1. att. Hidroģeoloģiskā modeļa areāls ar virsmas reljefa izolīnijām [m vjl]



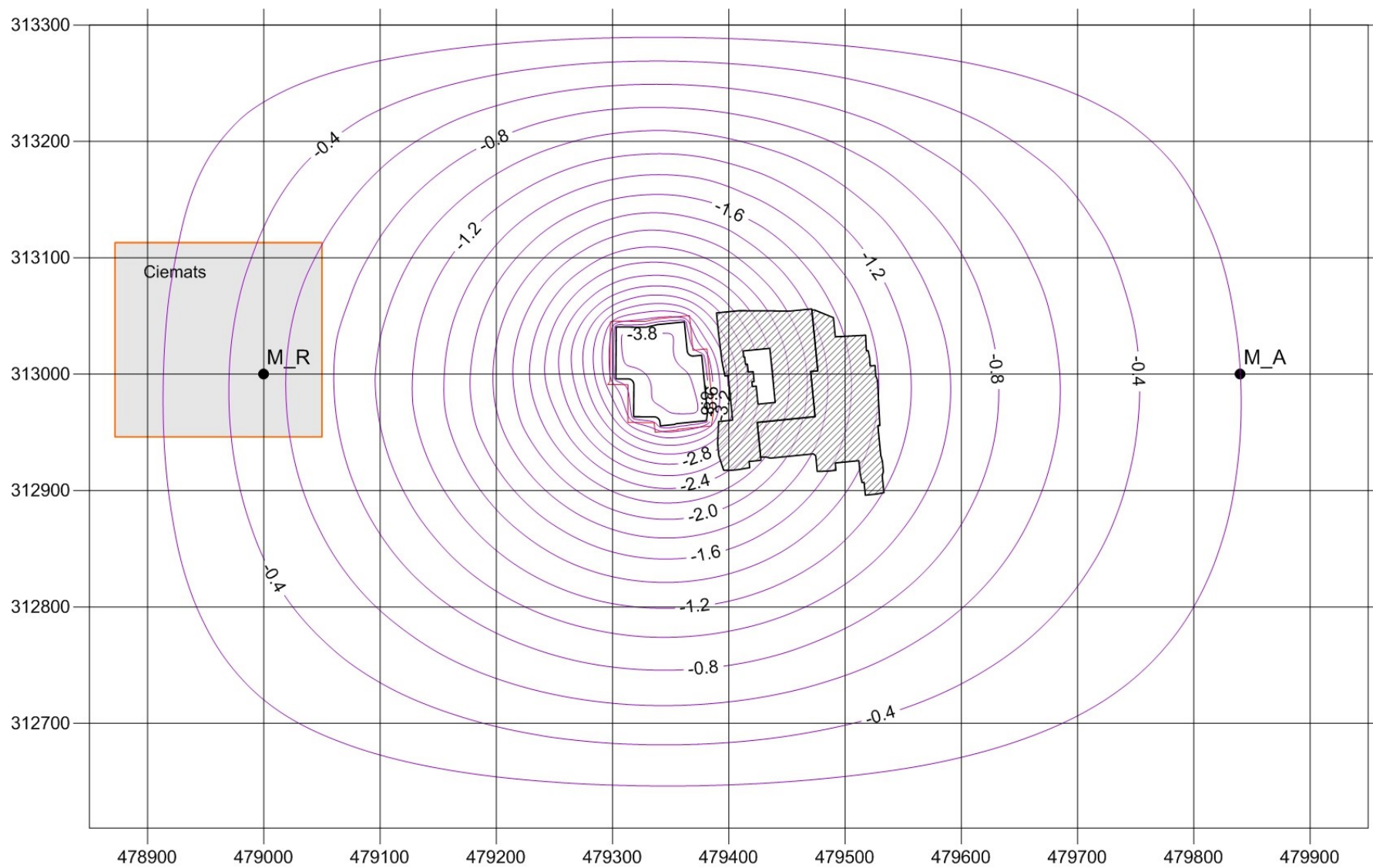
3. att. Otrās būvbedres apkārtnes depresijas piltuve 2b. variantam Q2 slānī



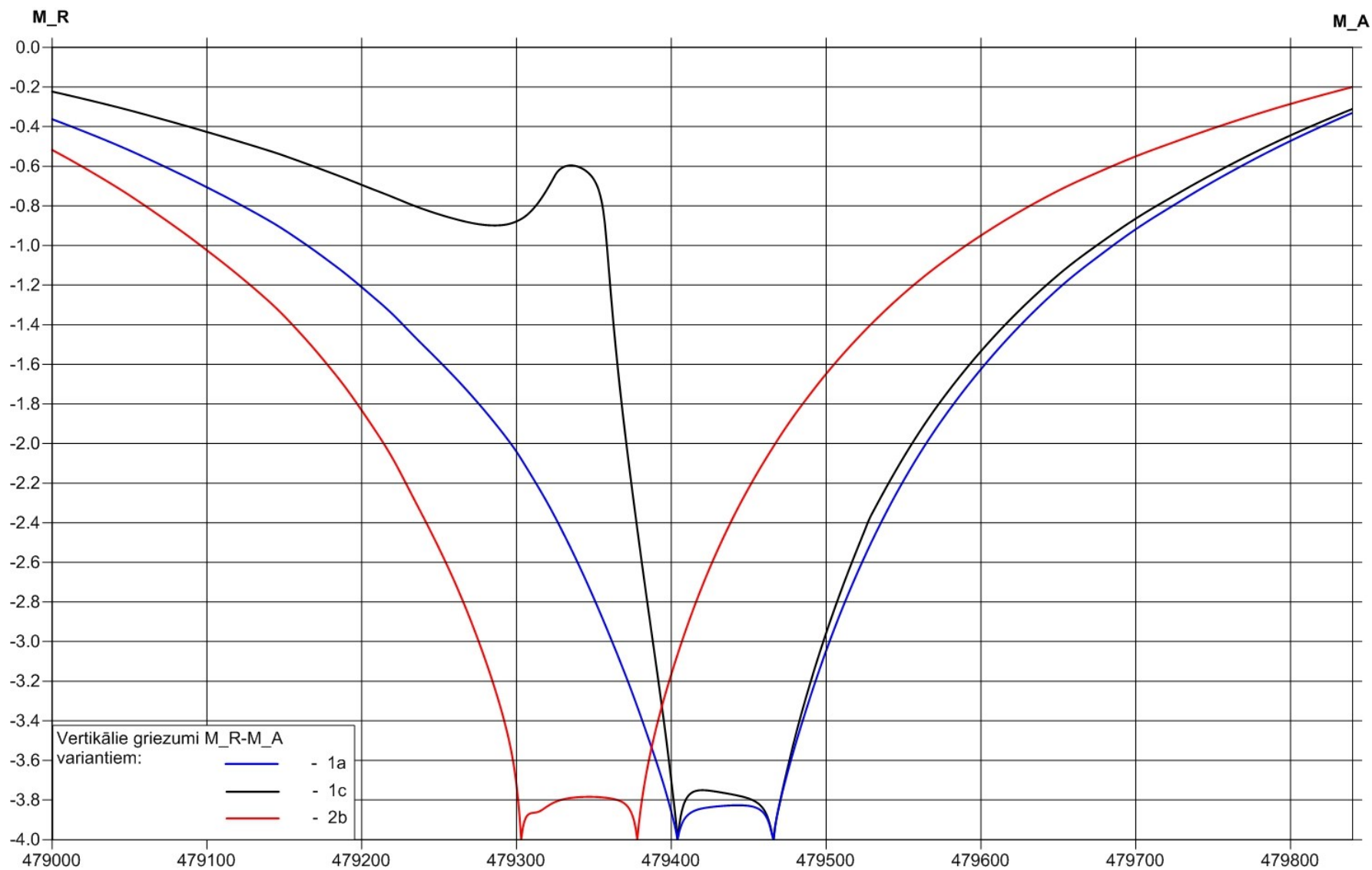
4. att. Depresijas piltuve 1a. variantam Q2 slānī



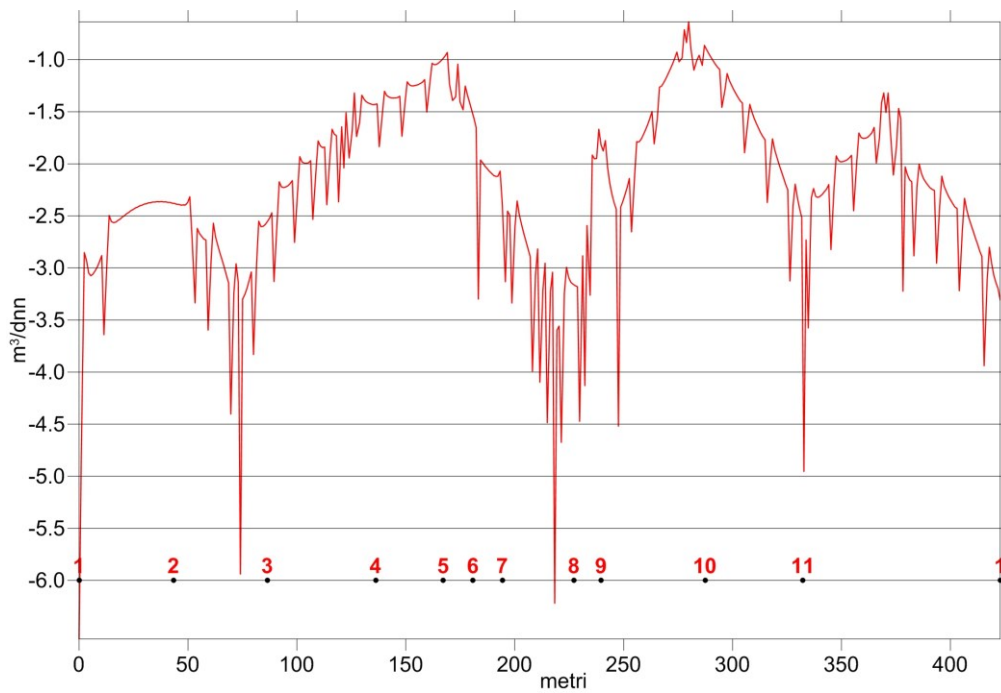
5. att. Depresijas piltuve 1c. variantam Q2 slānī



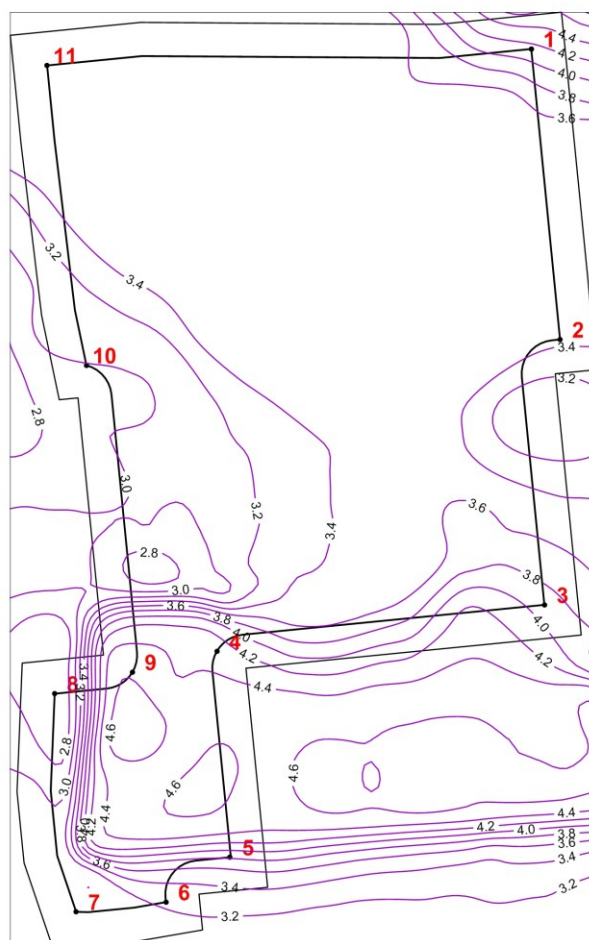
6. att. Depresijas piltuve 2b. variantam Q2 slānī



7. att. Depresiju piltuves vertikālie griezumi MR-MA variantiem 1a., 1c., 2b. Q2 slānī

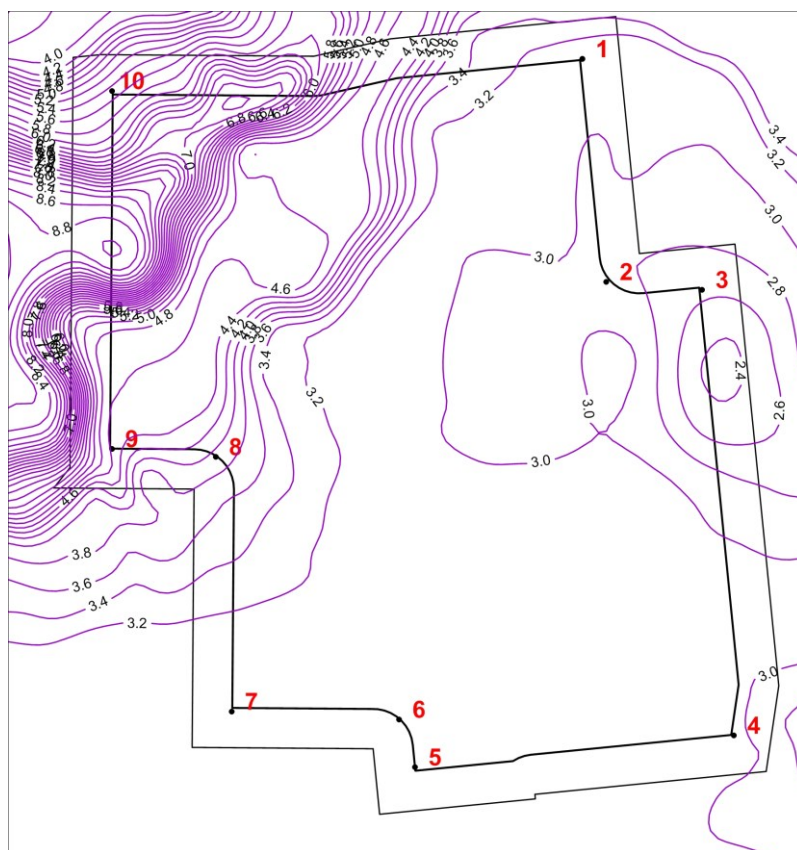
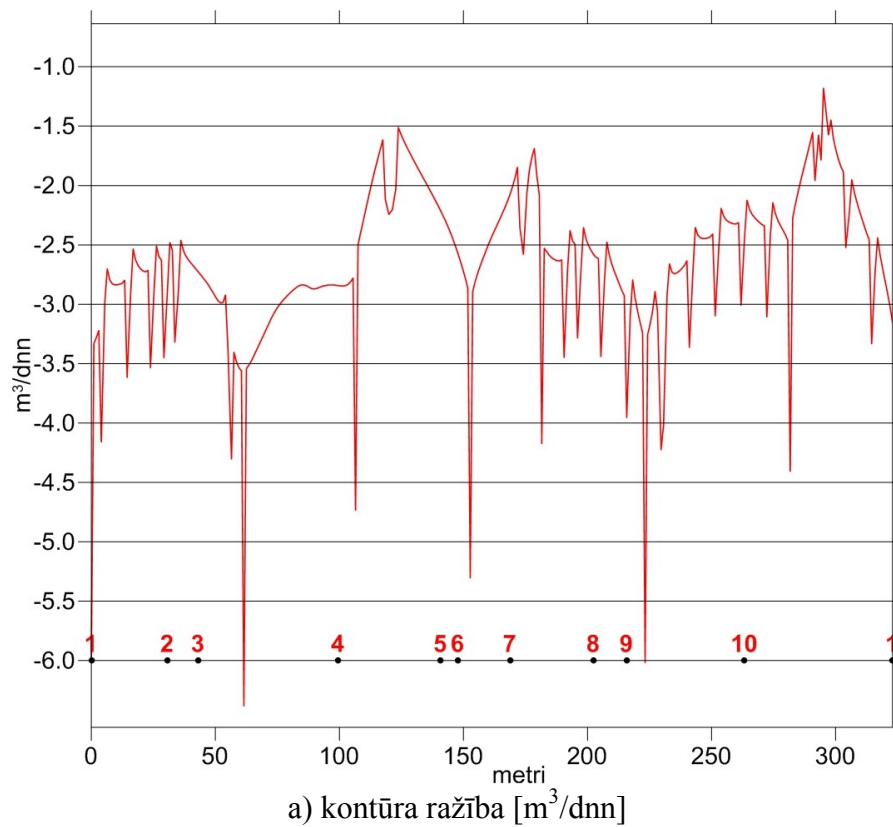


a) kontūra ražība [m^3/dnn]



b) kontūra posmu numerācija, reljefa izolīnijas [m vjl]

8. att. Pirmās būvbedres nosusināšanas kontūra posmu ražība 1a. variantam



9. att. Otrās būvbedres nosusināšanas kontūra posmu ražība 2a. variantam