

**Rīgas Tehniskā universitāte  
VIDES MODELĒŠANAS  
CENTRS**

**Gruntsūdens režīma izmaiņu modelēšana  
objektam Tērbatas ielā 74, Rīgā**

*Pārskats*

**Rīga - septembris, 2018**

## **Gruntsūdens režīma izmaiņu modelēšana objektam Tērbatas ielā 74, Rīgā**

Pārskats ietver darba rezultātus, kas iegūti Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes Vides modelēšanas centrā, izpildot AS “VentEko” pasūtījumu. Izveidots detalizēts Tērbatas ielas 74, Rīgā teritorijas būvbedres hidroģeoloģiskais modelis. Izmantojot modeli, aprēķināts gruntsūdens pazeminājums dažādiem aizsargsienas variantiem. Novērtēta būvbedres atsūknēšanas sistēmas ražība. Atskaitē ir 6 lpp. teksta un 18 attēli.

### *Adrese:*

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

RTU, VMC direktors  
\_\_\_\_\_ A.Spalviņš

## SATURS

1. Ievads .....	lpp. 2
2. Modeļa apraksts .....	2
3. Modelēšanas rezultāti .....	3
4. Secinājumi .....	5
5. Literatūra .....	6

## ATTĒLI

### 1. Vispārīgie attēli

1.1. att. Modeļa piesaistes karte

1.2. att. Modeļa bāzes karte

1.3. att. Modeļa vertikālā shematizācija

### 2. Būvbedres atsūkņēšanas izsauktie pazemes ūdens līmeņu pazeminājumi pie dažādiem aizsargsienas materiāla filtrācijas koeficientiem un tās defektiem

2.1. att. Pazeminājums [%] slānī **Q1**, ja sienas nav

2.2. att. Pazeminājums [%] slānī **Q1**, ja sienai  $k=0.1$  m/dienn

2.3. att. Pazeminājums [%] slānī **Q1**, ja sienai  $k=0.01$  m/dienn

2.4. att. Pazeminājums [%] slānī **Q1**, ja sienai  $k=0.001$  m/dienn

2.5. att. Pazeminājums [%] slānī **Q1**, ja sienai  $k=0.001$  m/dienn un sienā visā tās dziļumā ir vertikāla 0.5 m plata sprauga

2.6. att. Pazeminājums [%] slānī **Q1**, ja sienai  $k=0.001$  m/dienn un sienā visā tās dziļumā ir vertikāla 1.0 m plata sprauga

2.7. att. Pazeminājums [%] slānī **Q1**, ja sienai  $k=0.001$  m/dienn un siena nesasniedz sprostslni **gQ** (nav sienas **Q5** slānī)

2.8. att. Pazeminājums [%] slānī **Q1** griezumā A-B, ja sienas nav,  $k=0.1$ ,  $k=0.01$ ,  $k=0.001$

2.9. att. Pazeminājums [%] slānī **Q1** griezumā A-B, ja sienai  $k=0.001$ , defektu nav, sienā visā tās dziļumā ir vertikāla 0.5 un 1.0 m plata sprauga, nav sienas slānī **Q5**

2.10. att. Ēkas aizsargsienas izraisītā pazemes ūdens līmeņu izmaiņa [m], ja pazemes ūdens plūsmas gradients ir 0.003

### 3. Grafiki par aizsargsienas ietekmi pie dažādiem sienas materiāla filtrācijas koeficientiem un tās dziļumiem

3.1. att. Pazemes ūdens līmeņa pazeminājums  $S(m1)$  [%] monitoringa punktā  $m1$

3.2. att. Pazemes ūdens līmeņa pazeminājums  $S(m2)$  [%] monitoringa punktā  $m2$

3.3. att. Atsūkņēšanas ražība  $q$  [%] būvbedrei

3.4. att. Pazemes ūdens plūsma  $q(pam)$  [%] caur būvbedres pamatni

3.5. att. Pazemes ūdens plūsma  $q(siena)$  [%] caur būvbedres sienu

## 1. Ievads

Pārskatā apkopoti hidroģeoloģiskās modelēšanas rezultāti objektam Tērbatas ielā 74, Rīgā. Darbs izpildīts atbilstoši līgumam Nr. RTU-01/2018-ap, kas noslēgts starp Rīgas Tehnisko universitāti (RTU) un AS VentEko. Modelēšana realizēta RTU Vides modelēšanas centrā.

Kartes modeļa izveidošanai un hidroģeoloģiskos datus iesniedza AS VentEko [1, 2].

Hidroģeoloģiskais modelis (HM) izveidots, lai ar tā palīdzību izpildītu aprēķinus, kuri nepieciešami būvbedres ierīkošanai minētajā objektā. Bija jāiegūst šādi rezultāti:

- noteikt sagaidāmo depresijas piltuvi un ūdens pieteci būvbedrē, ja aizsargsiena nenodrošina pietiekamu hidroizolāciju;
- noteikt sagaidāmo depresijas piltuvi un ūdens pieteci būvbedrē, ja aizsargsiena nodrošina pietiekamu hidroizolāciju; noteikt, kādu hidroizolācijas līmeni sienai jānodrošina, lai apmierinātu celtniecības nosacījumu prasības;
- kādā dziļumā aizsargsiena ierīkojama, lai minimizētu pazemes ūdens pieteci;
- novērtēt dažādu aizsargsienas defektu ietekmi uz pazemes ūdens pieteci;
- paredzēt, kā mainīsies pazemes ūdens līmeņi un plūsma pēc objekta izbūves. Ja modelis uzrāda, ka būves ietekmē var veidoties nelabvēlīga hidroģeoloģiska situācija, paredzēt, kādi pasākumi veicami, lai to novērstu.

Modelēšanai izmantota sistēma Groundwater Vistas (GV) 6. versija [3]. Modelēšana aptver 400m×400m laukumu un objekts atrodas tā centrā (1.1. att., 1.2. att.). Modelēšanas rezultātu grafiskai attēlošanai izmantota sistēma SURFER 12 [4].

Pārskats ir sagatavots elektroniskā formā.

Izmantotie hidroģeoloģiskie dati [2] dod aptuvenu priekšstatu par pazemes ūdens plūsmu un ģeoloģiju modeļa apgabalam. Šī iemesla dēļ iegūtie modelēšanas rezultāti nevar precīzi attēlot reālo situāciju modelētajai būvbedrei. Taču tie ir pietiekami lēmuma pieņemšanai par būvbedres izveidi.

## 2. Modeļa apraksts

HM izmēri 400m×400m izvēlēti, ievērojot prognozi par depresijas piltuves izmēriem [2]. Izvēlētais plaknes aproksimācijas solis  $h_x=h_y=0.5$  metri nodrošina pietiekami precīzu hidroizolējošās aizsargsienas kontūra aproksimāciju.

HM vertikālā shematizācija dota 1.3. att. un 1. tabulā. Modelī izmantoti 7 plakani ģeoloģiskie slāņi.

Zemes virsmas atzīme ir 9.5 m vjl. Būvbedres vidi veido 18 metrus biezs smilšu slānis  $Q$ , kura filtrācijas koeficients  $k_Q=1.55$  m/dnn. Smilšu slāņa augšējā daļā ir aerācijas zona  $aer$ , kuras biezums  $k_{aer} = 4.0$  m. Slānis  $aer$  HM nav izmantots, t.i., modelī aproksimēts 14 metru biezs smilšu slānis, kas sadalīts 5 daļās:

**Q1**- būvbedres dziļums  $m_{Q1}=2.5$ m ar ūdeni piesātinātā smilšu daļā;

**Q2**- būvbedres grīdas ekvivalents,  $m_{Q2}=0.5$ m, kas tiek izmantots grīdas ietekmes pētīšanai; **Q3**-  $m_{Q3}=5.0$ m; **Q4**-  $m_{Q4}=5.0$ m; **Q5**-  $m_{Q5}=1.0$ m.

Slāņi **Q3**, **Q4**, **Q5** tiek izmantoti aizsargsienas dziļuma ietekmes noteikšanai. Slānis **Q5** tiek izmantots, lai noteiktu kas notiks, ja aizsargsiena nenasniegs sprostsblāni  $gQ$ , kas atrodas zem smilšu slāņa  $Q$ . Sprostsblānim  $gQ$   $m_{gQ}=3.0$ m,  $k_{gQ}=0.0001$ m/dnn.

Modeļa septītajā slānī uzdots pirmā veida robežnoteikums, kas ņem vērā pamatiežu  $D3$  ietekmi uz būvbedres depresijas piltuvi, kā arī stabilizē HM aprēķinu norisi GV vidē.

Objekta Tērbatas ielā 74 HM vertikālā shematizācija  
(sienas dziļums no 4m biežās aerācijas zonas apakšas, pazeminājums būvbedrē 4m)

Slāņa Nr.	Slāņa nosaukums	Slāņa kods	Slāņa biežums [metri]	Slāņa filtrācijas koeficients [m/dnn]	Slāņa pamatnes augstums [m vjl]	Piezīmes
	aerācijas zona	<i>aer</i>	4.0		5.5	Nav modelī
1.	būvbedres smiltis	<i>Q1</i>	2.5	1.55	3.0	
2.	būvbedres grīda	<i>Q2</i>	0.5	1.55 (0.001)	2.5	Būvbedres grīdas ietekmes novērtēšanai
3.	smiltis	<i>Q3</i>	5.0	1.55	-2.5	Sienas ietekmes pārbaude
4.	smiltis	<i>Q4</i>	5.0	1.55	-7.5	Sienas ietekmes pārbaude
5.	smiltis	<i>Q5</i>	1.0	1.55	-8.5	Sienas ietekmes pārbaude
6.	sprostsplānis	<i>gQ</i>	3.00	0.0001	-11.5	
7.	pamatiezis	<i>D3</i>	0.02	1.55	-11.52	Robežnoteikums

Reljefa atzīme 9.5 m vjl. Modeļa izmērs 400m×400m, plaknes aproksimācijas solis 0.5 metri. Mezglu skaits vienā modeļa slānī 800×800=0.64×10<sup>6</sup>, modelī (0.64×7)×10<sup>6</sup>=4.48×10<sup>6</sup>.

Visos HM slāņos uz to ārējā perimetra un 7. slānī tiek uzdots robežnoteikums pazemes ūdens līmeņu pazeminājumam  $S=0.0\text{m}$ . Būvbedrē slānī  $Q_1$  tiek fiksēts pazeminājums  $S_b=4.0\text{m}$  (1.0m zem būvbedres grīdas).

Pa būvbedres kontūru izveidota 0.5m bieža aizsargsiena, kuras dziļumu un tās materiāla filtrācijas koeficientu var mainīt.

Modelēšanas rezultātu vizualizācijai (2.2. att. -2.10. att.) tiek izmantots apgabals ar izmēru 120m×120m jaunbūves apkārtnē (1.2. att.).

Izveidoti divi virtuāli monitoringa punkti  $m1$  un  $m2$  slānī  $Q_1$ . Pirmais punkts atrodas blakus aizsargsienai, bet otrais ~20m attālumā no tās.

Modelēšanas rezultāti attēloti arī vertikālajā griezumā A-B (2.8. att.2.9. att.).

Pazemes ūdens pieteces  $q$  aprēķinu veic GV.

Nolūkā iegūt universālus modelēšanas rezultātus par pazeminājumu  $S$  un pazemes ūdens pieteces plūsmu  $q$ , tie ir doti procentos [%]. Šos datus var izmantot arī pie citām būvbedres pazeminājuma  $S_b$  vērtībām (ne tikai  $S_b=4.0\text{m}$  kā HM skaitliskajā eksperimentā).

### 3. Modelēšanas rezultāti

#### *Aizsargsienas izveidošana*

Modelēšanas rezultāti par aizsargsienas ietekmi pie dažādiem sienas dziļumiem (3m, 8m, 13m, 14m) un tās materiāla filtrācijas koeficientiem  $k=0.1, 0.01, 0.001$ ) apkopoti 2. tabulā un vizualizēti 2.1. att.-2.4. att., 2.8. att., 3.1. att.-3.5. att.

Aizsargsienas ietekme pie dažādiem sienas dziļumiem un tās materiāla filtrācijas koeficientiem (sienas dziļums no 4m biežās aerācijas zonas apakšas, pazeminājums būvbedrē 4m)

Slāņi sienā	dziļums [m]	$S(m1)$ [m]	$S(m1)$ [%]	$S(m2)$ [m]	$S(m2)$ [%]	$q$ [ $m^3/dnn$ ]	$q$ [%]	$q(pam)$ [ $m^3/dnn$ ]	$q(pam)$ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k=0.1$ [m/dnn]									
1+2	3	3.28	82	2.29	57.25	167.98	92.30	117.55	69.98
1+2+3	8	3.18	79.5	2.21	55.25	163	89.56	107.41	65.90
1+2+3+4	13	3.15	78.75	2.18	54.5	160.67	88.28	103.78	64.59
1+2+3+4+5	14	3.14	78.5	2.17	54.25	159.8	87.80	102.49	64.14
$k=0.01$ [m/dnn]									
1+2	3	2.93	73.25	2.12	53	155.07	85.20	141.28	91.11
1+2+3	8	2.42	60.5	1.79	44.75	132.85	72.99	115.65	87.05
1+2+3+4	13	2.06	51.5	1.51	37.75	112.98	62.08	93.74	82.97
1+2+3+4+5	14	1.7	42.5	1.21	30.25	91.37	50.20	69.74	76.33
$k=0.001$ [m/dnn]									
1+2	3	2.86	71.5	2.08	52	152.87	83.99	146.88	96.08
1+2+3	8	2.15	53.75	1.64	41	121.72	66.88	116.53	95.74
1+2+3+4	13	1.49	37.25	1.15	28.75	86.95	47.77	82.18	94.51
1+2+3+4+5	14	0.33	8.25	0.24	6	18.81	10.34	14.99	79.69

Pazeminājumi [%]  $S(m1)$  un  $S(m2)$  kolonās 4 un 6 aprēķināti, ja pazeminājums būvbedrē  $S_b = 4$  metri. Būvbedrē  $S[\%]=100$ .

Pietece [%]  $q$  8. kolonā aprēķināta, ja  $q_{max} = 182 m^3/dnn$  (nav sienas).

Pietece  $q(pam)$  [%] 10. kolonā aprēķināta pret  $q$  7. kolonā:  $((q(pam)/q) \times 100)$ .

Datus [%] par pazeminājumu  $S$  (4. un 6. kolonas) un 2.1 att.-2.9. att. var izmantot pie jebkurām depresijas piltuves dziļuma  $S_b$  vērtībām būvbedrē  $S[m]=S_b \times S[\%]$ .

Pazemes ūdens pieteci būvbedrei  $q_{max}$  dod sakarība  $q_{max} [m^3/dnn]=S_b \times 45.5$ , ja  $S_b$  nav 4.0m.

Modelēšanas rezultāti nosaka, ka aizsargsiena ir jāveido līdz sprostslnim  $gQ$  18m dziļumā no zemes virsmas un aizsargsienas materiāla filtrācijas koeficients  $k \leq 0.001 m/dnn$ .

#### Aizsargsienas defekti un grīda būvbedrei

Dati par aizsargsienas ( $k=0.001 m/dnn$ ) iespējamiem defektiem un būvbedres grīdas ietekmi ir apkopoti 3. tabulā un vizualizēti 2.5. att., 2.6. att., 2.7. att., 2.9. att. Modelēti šādi aizsargsienas defekti:

- 1 - vertikāla 0.5m plata sprauga sienas dziļumiem 3.0m, 8.0m, 14.0m;
- 2 - vertikāla 1.0m plata sprauga sienas dziļumiem 3.0m, 8.0m, 14.0m;
- 3 - siena nesasniedz sprostslni  $gQ$  (nav sienas slānī  $Q5$ ).

No 3. tabulas datiem un 2.5. att., 2.6. att., 2.7. att., 2.9. att. var secināt, ka vertikālai spraugai visā sienas dziļumā (14m) ir lokāla ietekme, bet sienas neesamība slānī  $Q5$  izsauc būtisku pazemes ūdens līmeņa pazemināšanos.

No 3. tabulas datiem par būvbedres grīdas ietekmi var secināt, ka tās materiāla filtrācijas koeficienta samazināšana minimizēs pazemes ūdens pieteci ēkas pagraba stāvos.

Aizsargsienas defektu un būvbedres grīdas ietekme, ja  $k=0.001$   
(sienas dziļums no 4m biežās aerācijas zonas apakšas, pazeminājums būvbedrē 4m)

Nr.	Sienas dziļums [m]	$S(m1)$ [m]	$S(m2)$ [m]	$S(m1)$ [%]	$S(m2)$ [%]	$q[m^3/dnn]$	$q$ [%]	$q(pam)$ [ $m^3/dnn$ ]	$q(pam)$ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.5m plata vertikāla sprauga									
1.	3	0.96	0.37	24	9.25	24.16	13.27	15.84	65.56
2.	8	1.25	0.5	31.25	12.5	29.99	16.48	21.97	73.26
3.	14	1.42	0.63	35.5	15.75	35.17	19.32	27.29	77.59
1m plata vertikāla sprauga									
1.	3	1.21	0.42	30.25	10.5	26.52	14.57	16.33	61.58
2.	8	1.54	0.59	38.5	14.75	33.50	18.41	23.91	71.37
3.	14	1.72	0.73	43	18.25	39.38	21.64	30.07	76.36
nav sienas Q5 slānī									
1.	13	1.49	1.15	37.25	28.75	87.05	47.83	82.24	94.47
būvbedres grīdas ietekme (2. slānis)									
1.	grīdas nav	0.33	0.24	8.25	6	18.78	10.32	14.96	79.66
2.	grīdai, $k=0.001$	0.21	0.15	5.25	3.75	11.30	6.21	4.60	40.71
3.	grīdai, $k=0.0001$	0.19	0.14	4.75	3.5	9.98	5.48	2.85	28.56

Pazeminājumi [%]  $S(m1)$  un  $S(m2)$  kolonās 5 un 6 aprēķināti, ja pazeminājums būvbedrē  $S_b=4$  metri. Būvbedrē  $S[\%]=100$ .

Pietece [%]  $q$  8. kolonā aprēķināta, ja  $q_{max} = 182 m^3/dnn$  (nav sienas).

Pietece  $q(pam)$  [%] 10. kolonā aprēķināta pret  $q$  7. kolonā:  $((q(pam)/q) \times 100)$ .

#### *Aizsargsienas ietekme uz pazemes ūdens līmeni*

No atskaites [2] seko, ka pazemes ūdens plūsma vērsta no austrumiem uz rietumiem, plūsmas gradients 0.003.

Modelējot ēkas aizsargsienas ietekmi uz pazemes ūdens plūsmu, iegūts ūdens līmeņu izmaiņu sadalījums, kas skatāms 2.10. att. Ūdens līmeņu izmaiņas nepārsniedz 5cm un tāpēc aizsargsiena praktiski neietekmēs pazemes ūdens plūsmu.

#### **4. Secinājumi**

Izveidots hidroģeoloģiskais modelis, ar kura palīdzību iegūti rezultāti, kas ietverti darba uzdevumā:

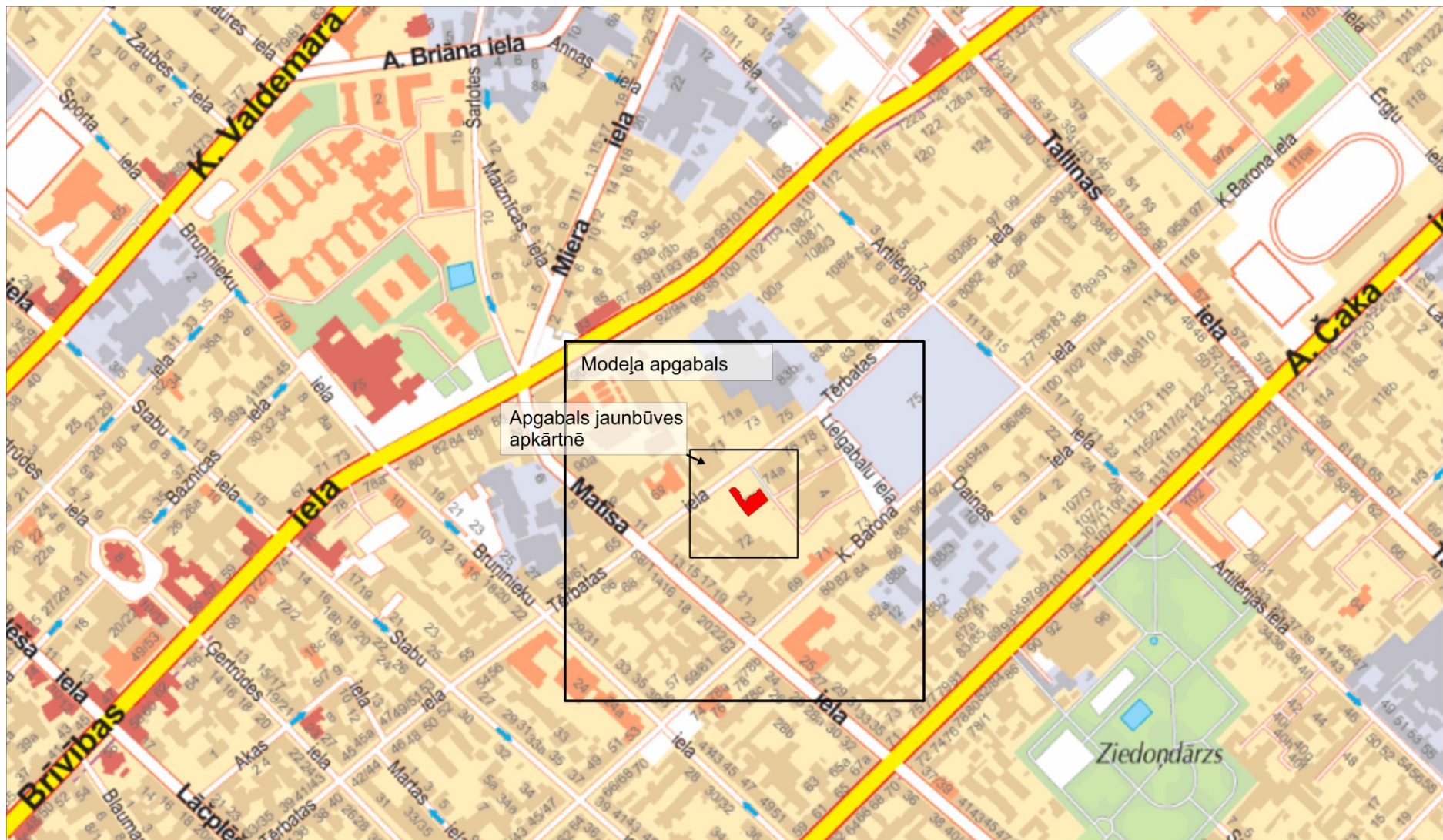
- konstatēts, ka būvbedre izraisīs nepieļaujamas pazemes ūdens līmeņa izmaiņas, ja aizsargsiena nenodrošinās pietiekamu hidroizolāciju ( $k=0.1m/dnn$  un  $k=0.01m/dnn$ );
- ja aizsargsiena nodrošina pietiekamu hidroizolāciju ( $k \leq 0.001m/dienn$ ), tad tās depresijas piltuve neizraisa nepieļaujamas pazemes ūdens līmeņa izmaiņas;

- lai minimizētu pazemes ūdens pieteci un iespējamo defektu ietekmi, siena jāierīko līdz sprostslānim (dziļums ~18m no zemes virsmas) un sienas materiālam  $k \leq 0.001 \text{ m/dienn}$ ;
- ja aizsargsienā rodas vertikāla sprauga, tad tās apkārtnē pieaug pazemes ūdens pietece un rodas vietēja rakstura pazemes ūdens līmeņa pazeminājums;
- ja aizsargsiena nerasniedz sprostslāni, tad būtiski pieaug pazemes ūdens pietece caur būvbedres pamatni, īpaši, ja  $k \leq 0.001 \text{ m/dienn}$ ;
- ēkas aizsargsiena praktiski neietekmēs pazemes ūdens plūsmu.

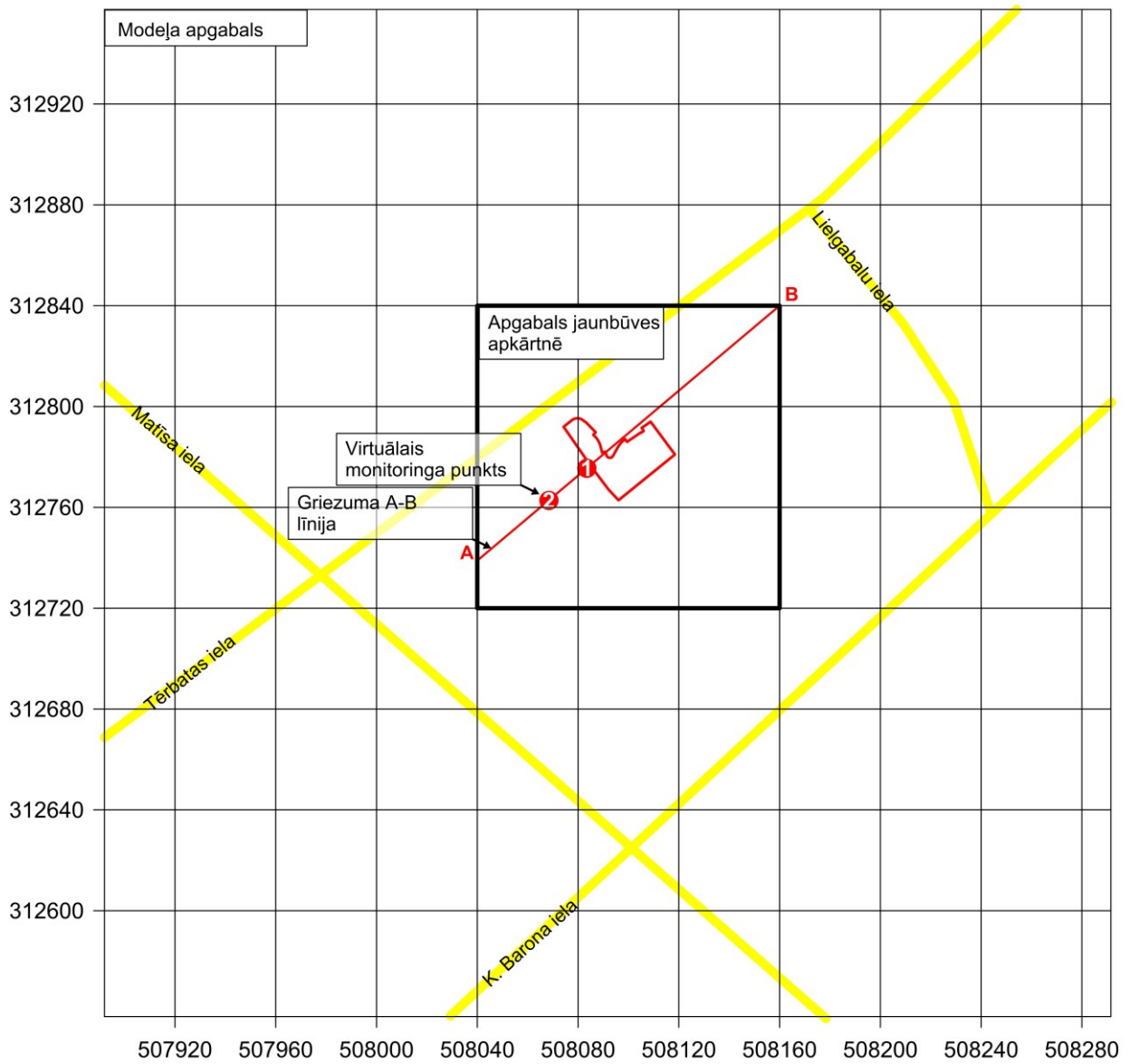
## 5. Literatūra

1. AS VentEko iesniegtie materiāli (2018) par būvbedres novietojumu un dziļumu
2. Atskaite par hidroģeoloģiskās izpētes rezultātiem objektā dzīvojamā ēka Tērbatas ielā 72, Rīgā, pasūtītājs SIA Postform Projekts Rīga, Izpildītājs SIA DEKO-Balts filiāle Ģeoloģija, Topogrāfija, Projektēšana, Rīga, 2006
2. Environmental Simulations, Inc. *Groundwater Vistas. Version 6*, Guide to using, 2011.
3. Golden Software, Inc., SURFER-12 for Windows, Users manual, Guide to Using, 2015.

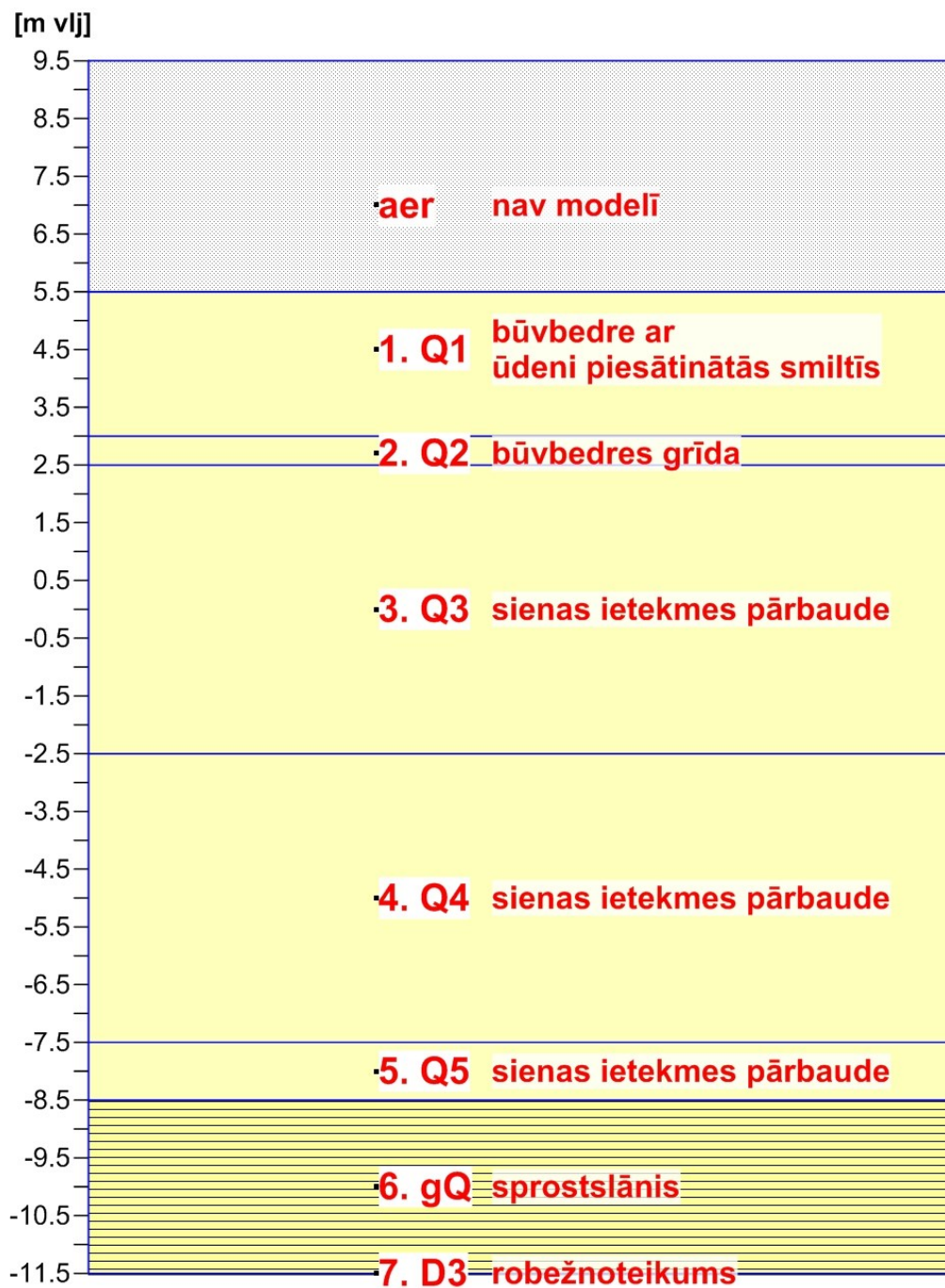




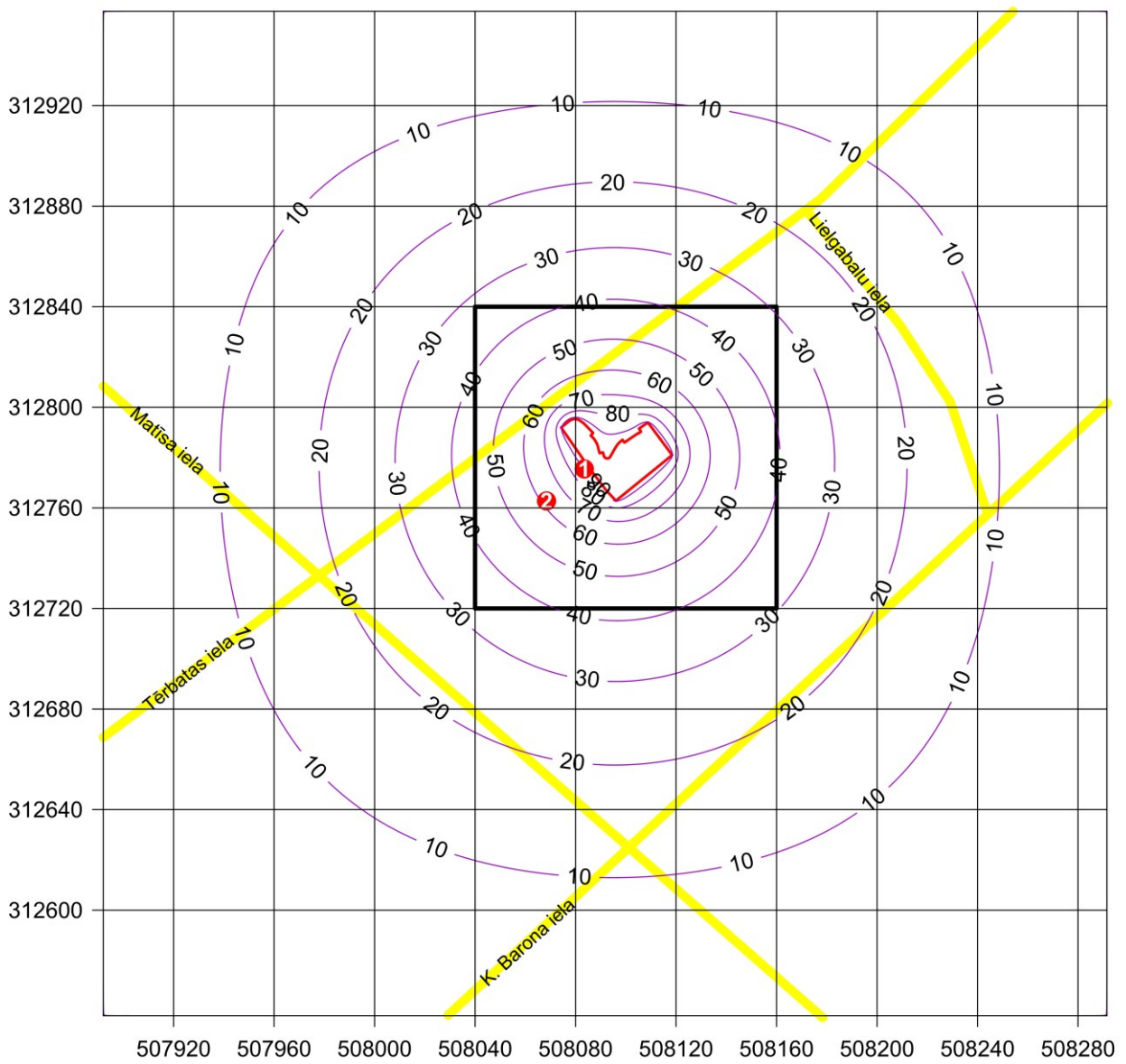
1.1. Modeļa piesaistes karte



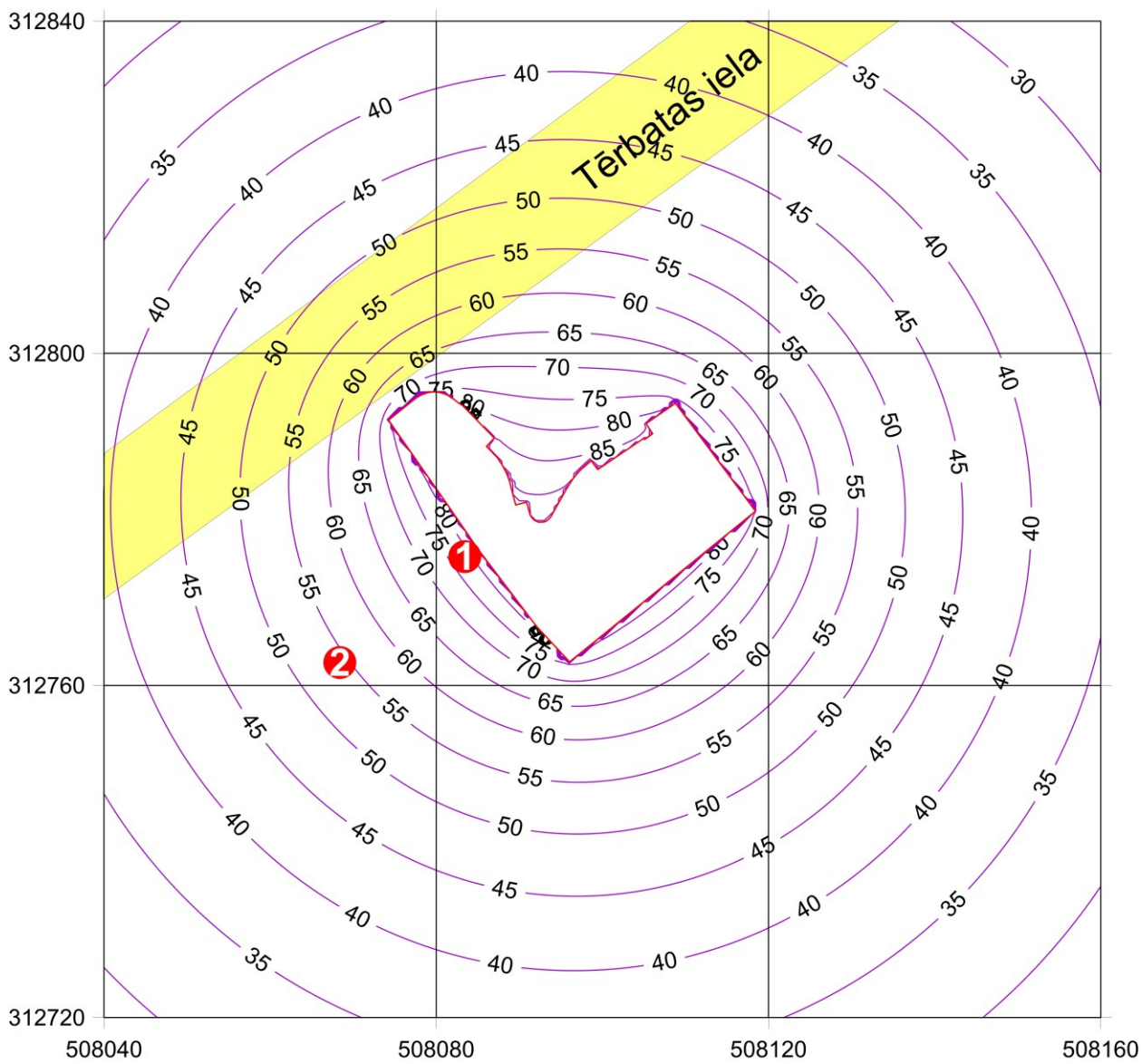
1.2. Modeļa bāzes karte



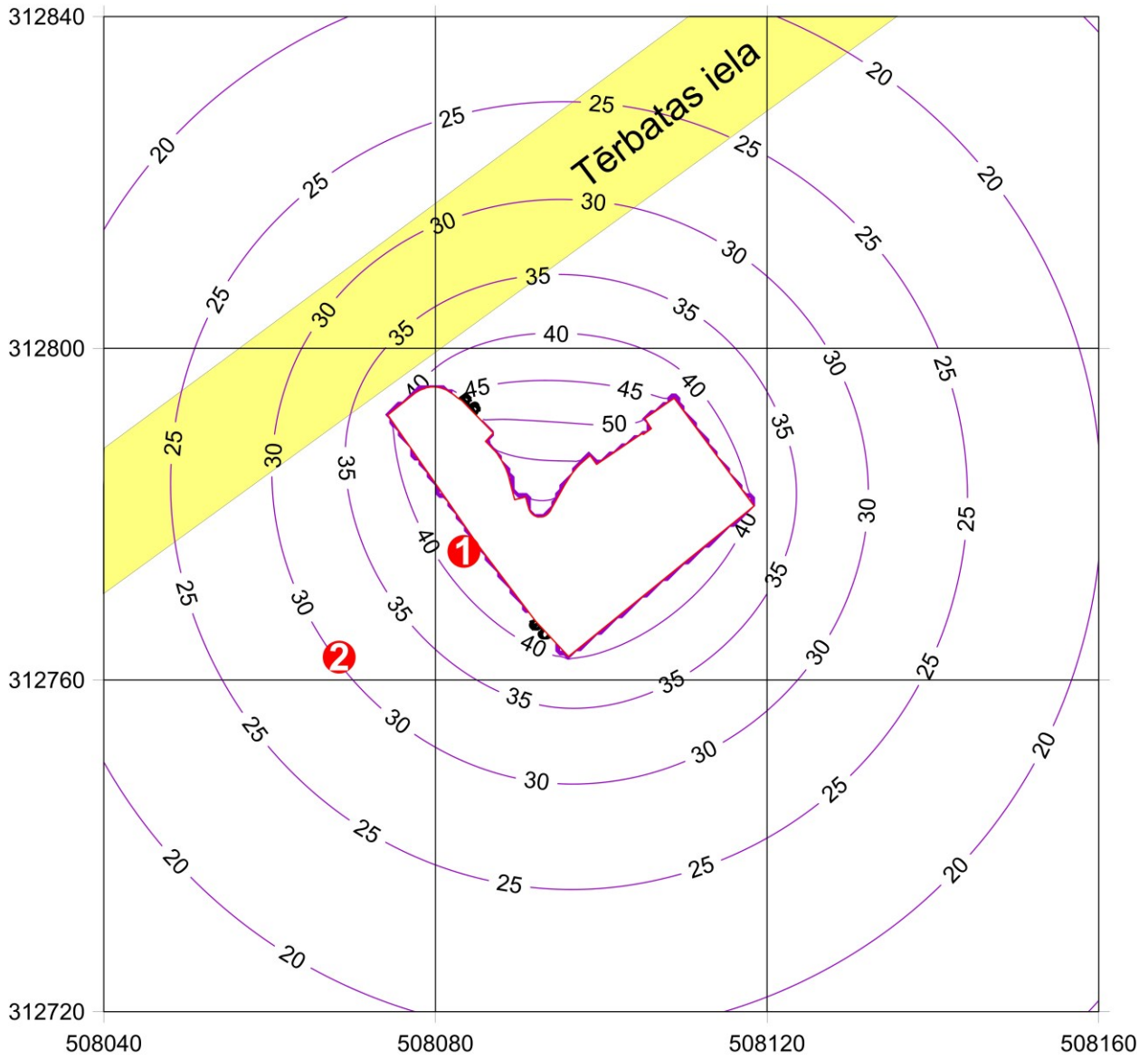
1.3. Modeļa vertikālā shematizācija



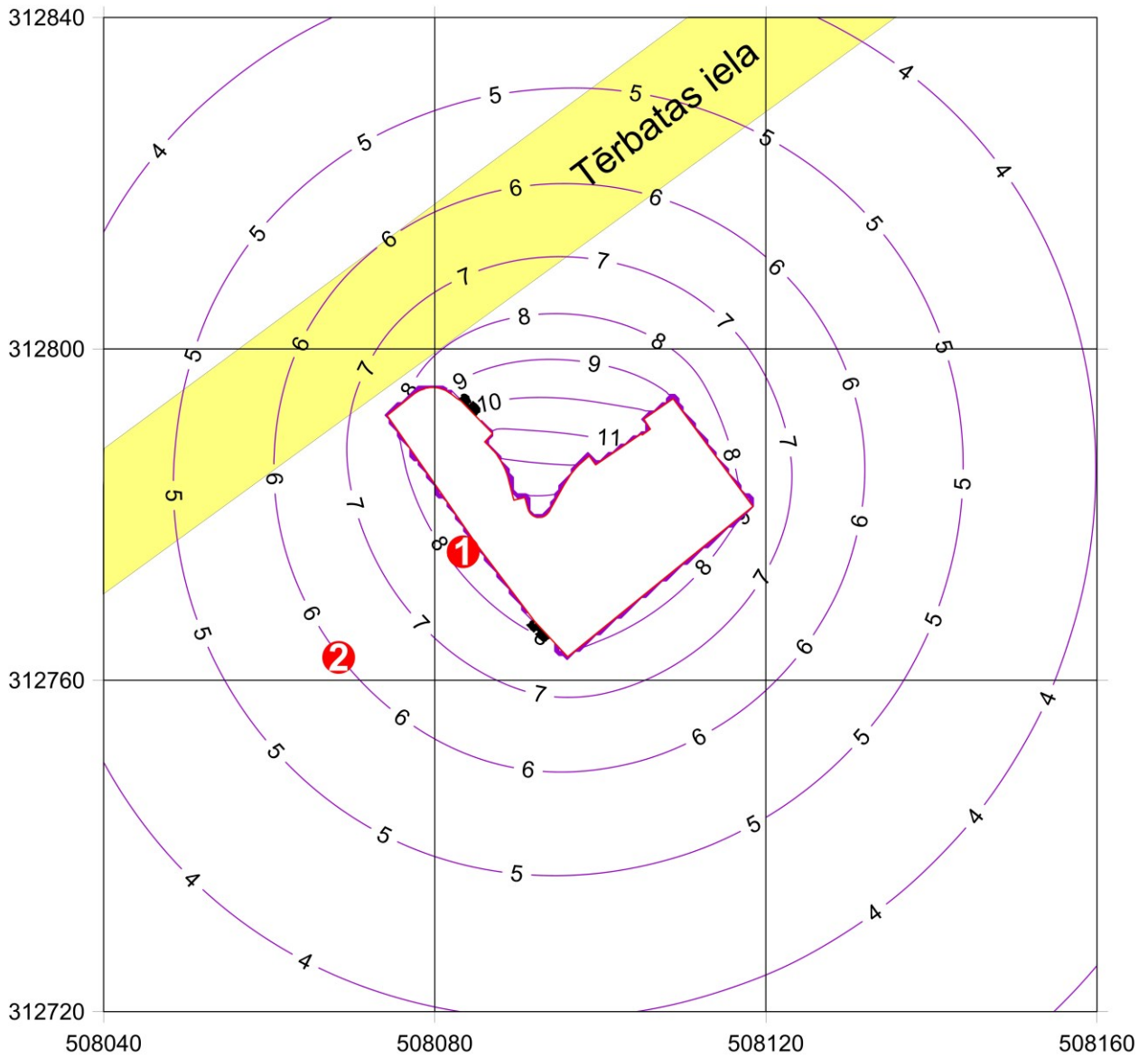
2.1.. Pazeminājums [%] horizontā **QI** , ja sienas nav



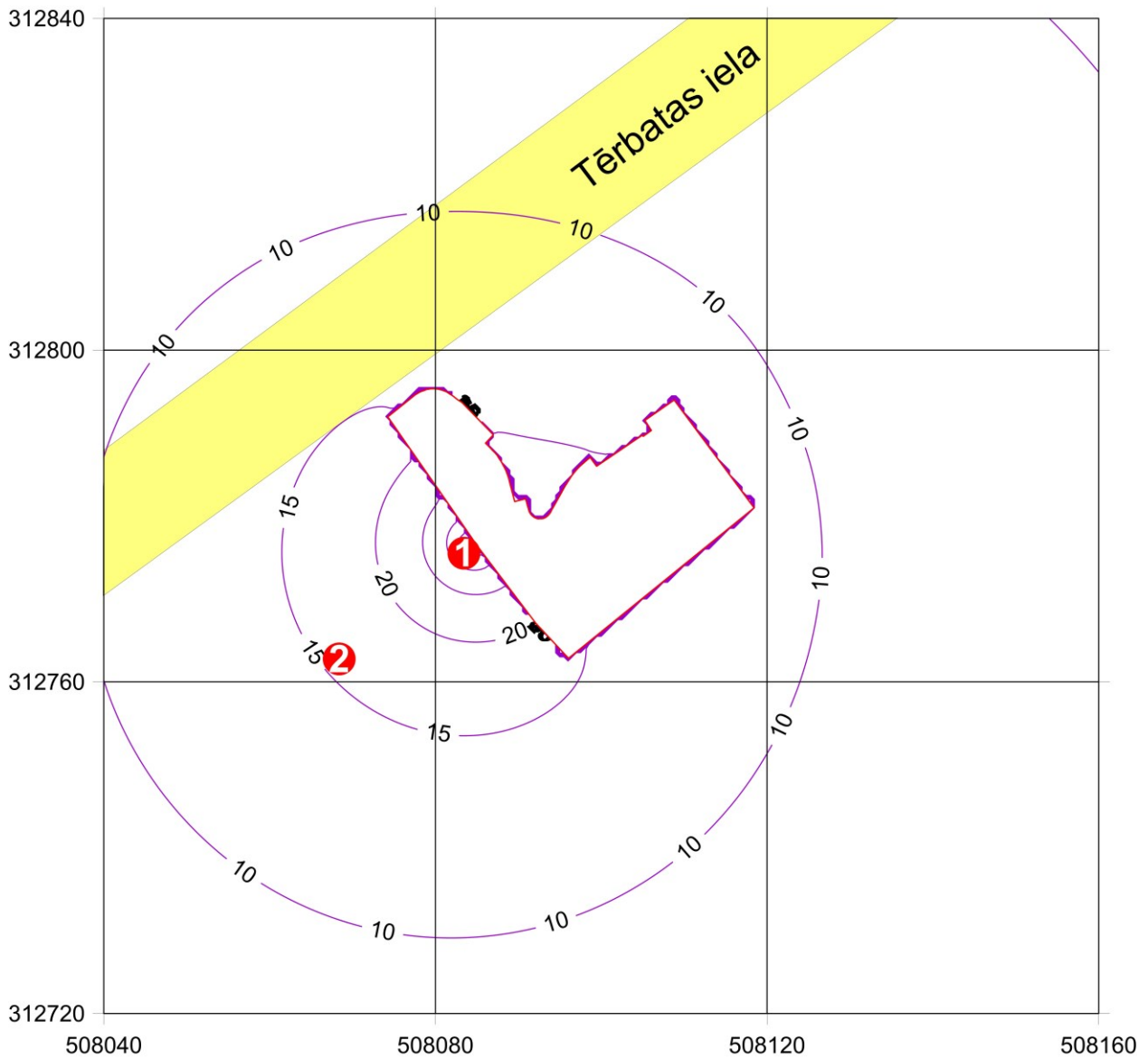
2.2. Pazeminājums [%] horizontā  $Q1$ , ja sienai  $k=0.1$  m/dienn



2.3. Pazeminājums [%] horizontā  $QI$  , ja sienai  $k= 0.01$  m/dienn

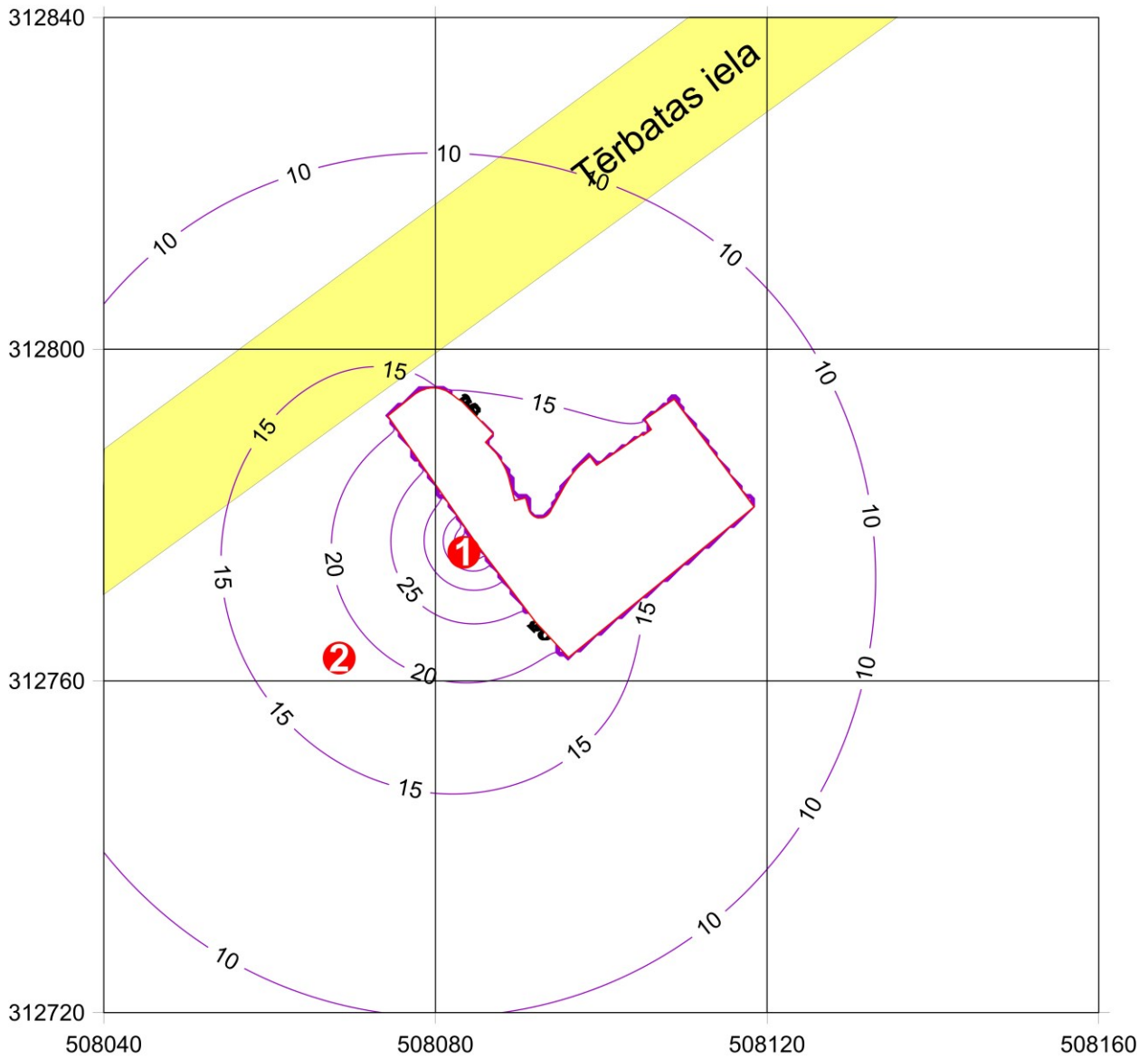


2.4. att. Pazeminājums [%] slānī  $QI$ , ja sienai  $k=0.001$  m/dienn

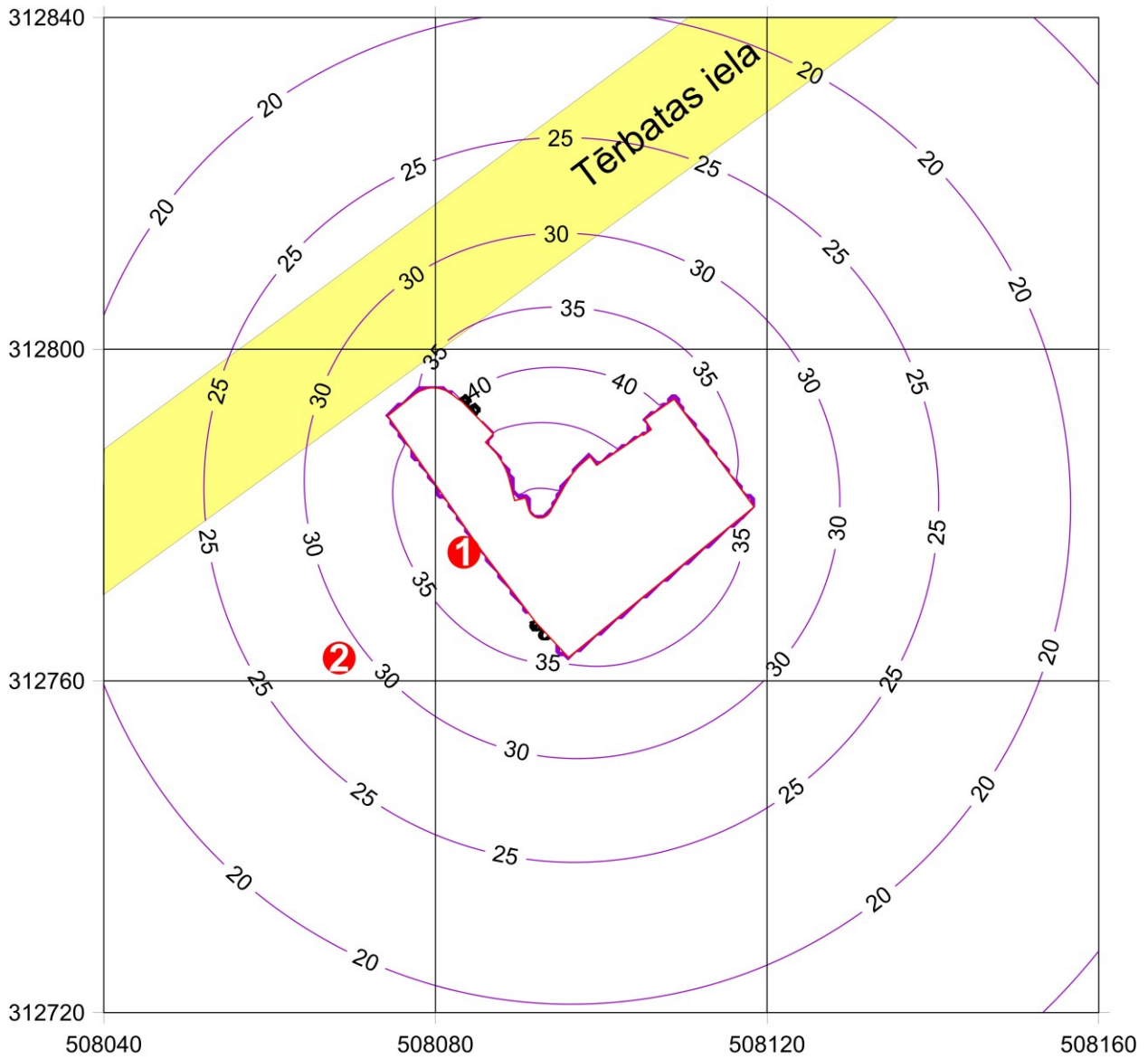


2.5. att. Pazeminājums [%] slānī  $QI$ , ja sienai  $k=0.001$  m/dienn un sienā visā tās dziļumā ir vertikāla 0.5 m plata sprauga

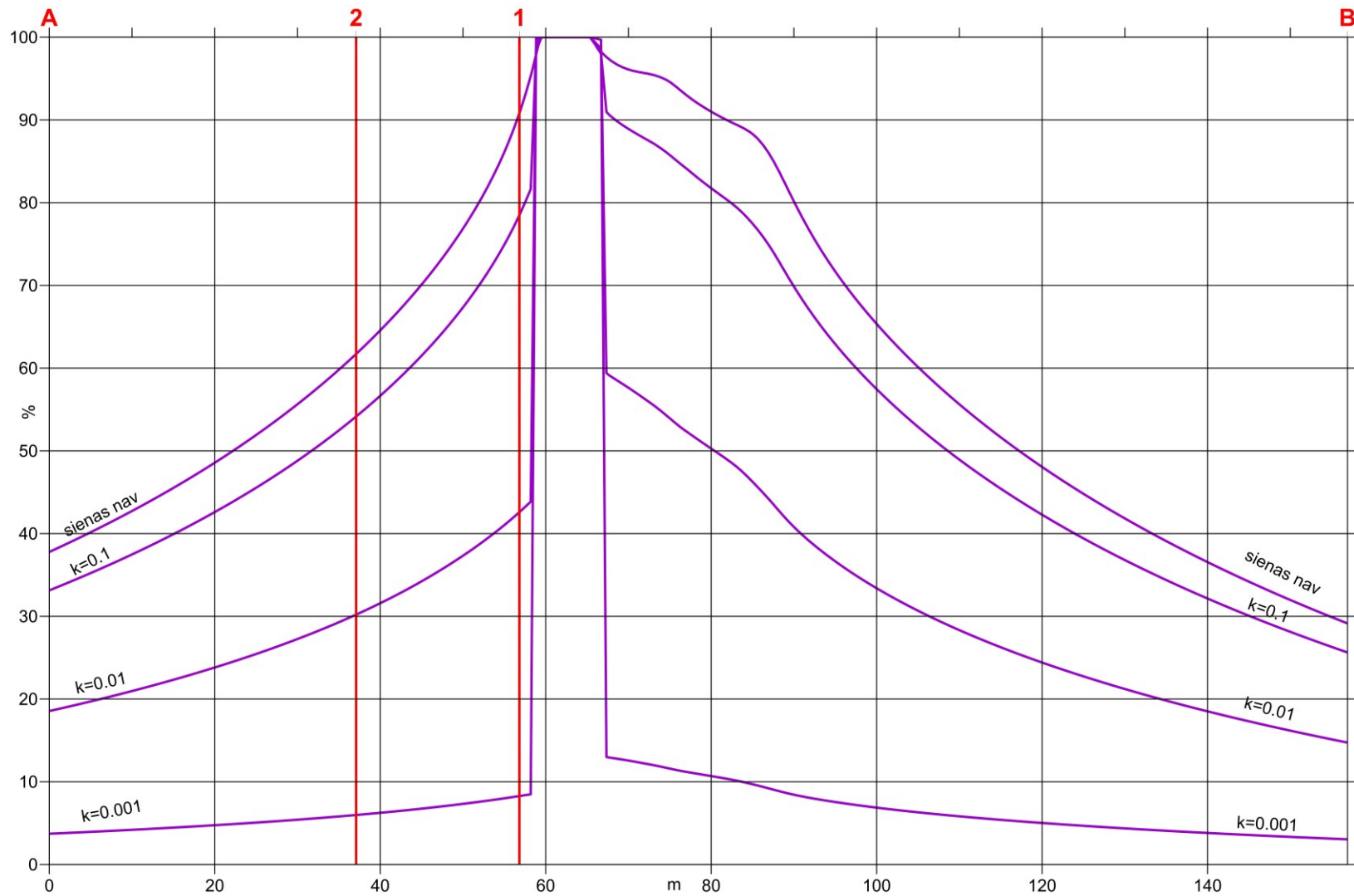




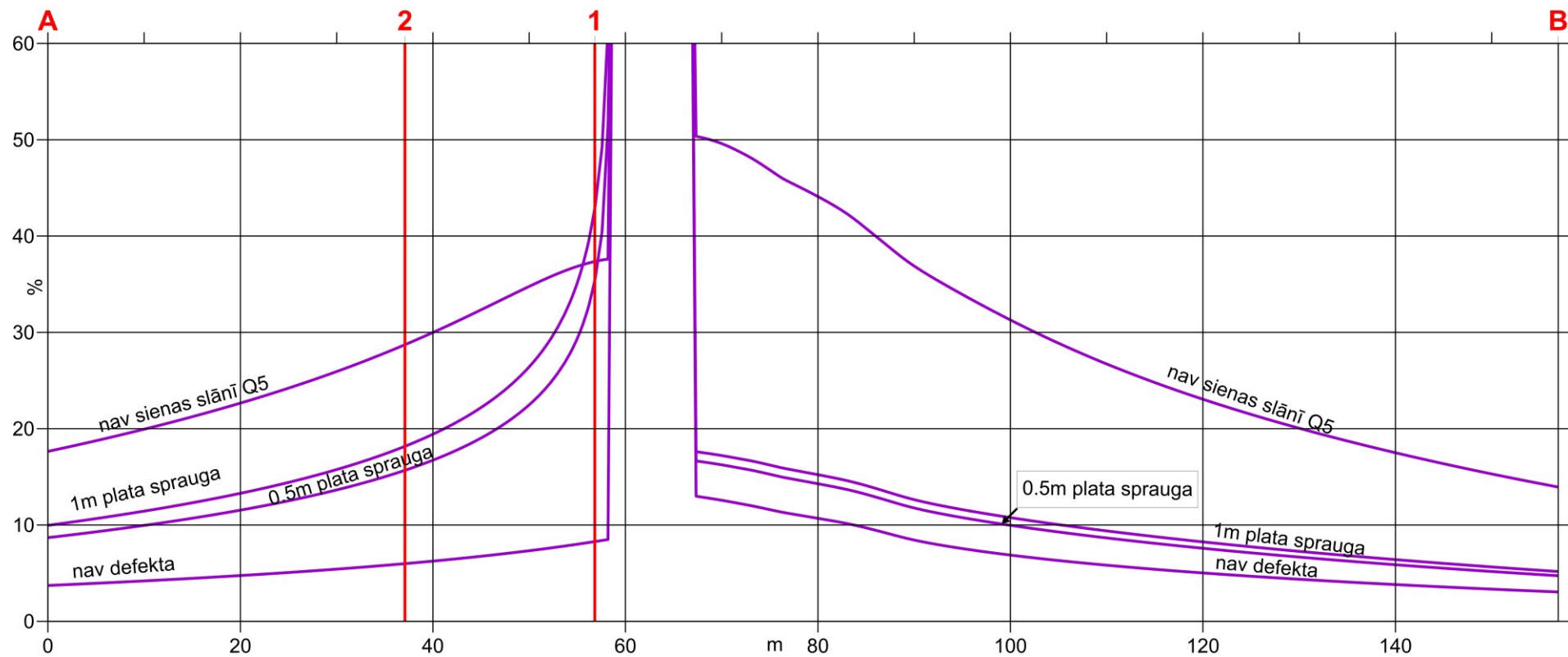
2.6. att. Pazeminājums [%] slānī **QI**, ja sienai  $k=0.001$  m/dienn un sienā visā tās dziļumā ir vertikāla 1.0 m plata sprauga



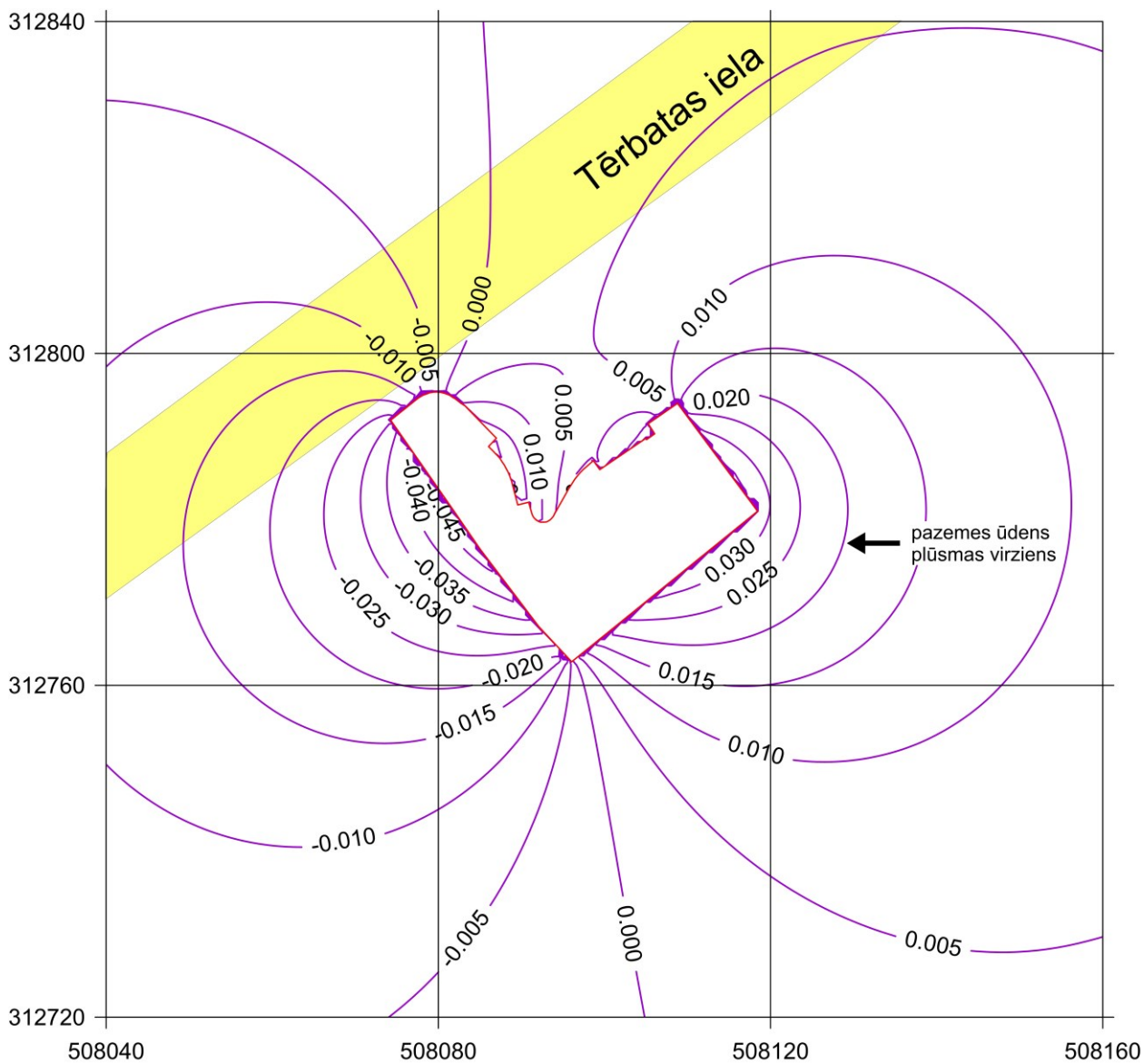
2.7. att. Pazeminājums [%] slānī  $Q1$ , ja sienai  $k= 0.001$  m/dienn un siena nesasniedz sprosts slāni  $gQ$  (nav sienas  $Q5$  slānī)



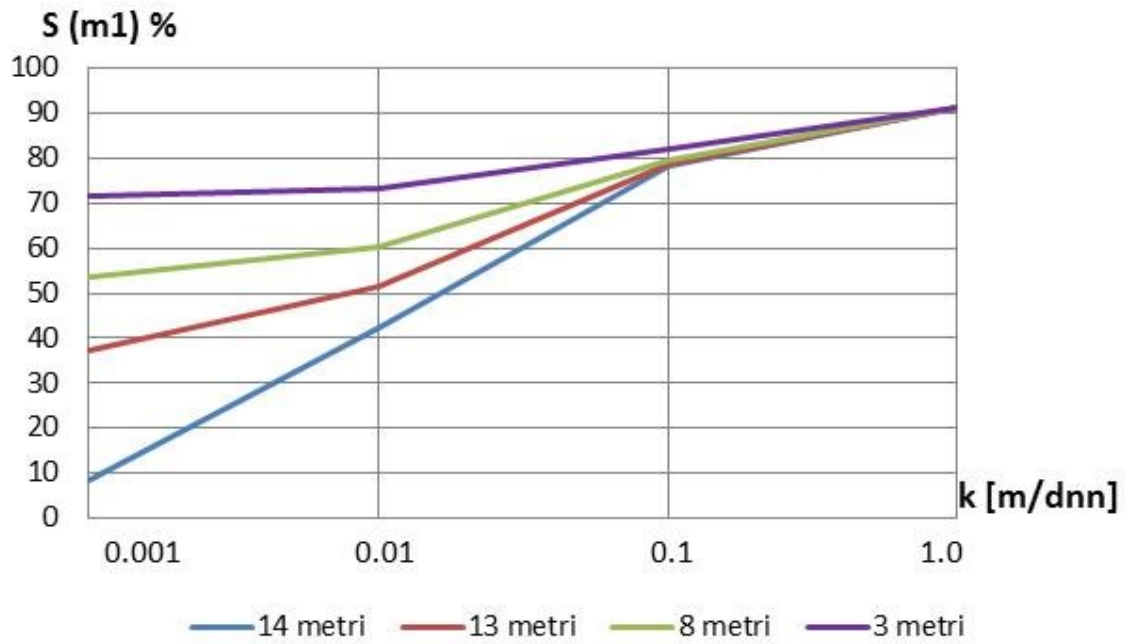
2.8. att. Pazeminājums [%] slānī **QI** griezumā A-B, ja sienas nav,  $k=0.1$ ,  $k=0.01$ ,  $k=0.001$



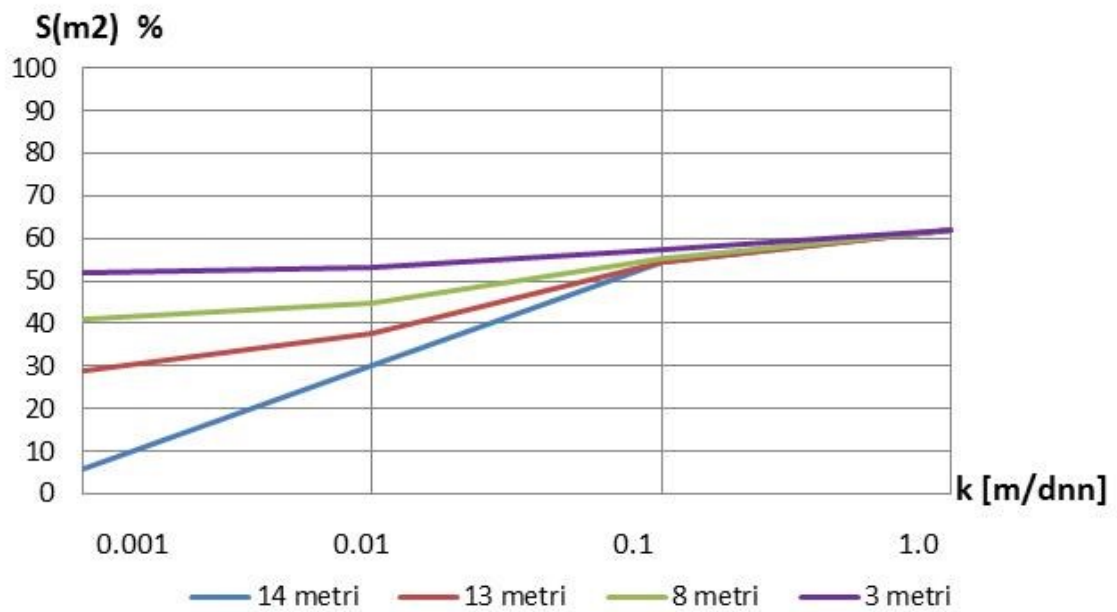
2.9. att. Pazeminājums [%] slānī **Q1** griezumā A-B, ja sienai  $k=0.001$ , defektu nav, sienā visā tās dziļumā ir vertikāla 0.5 un 1.0 m plata sprauga, nav sienas slānī **Q5**



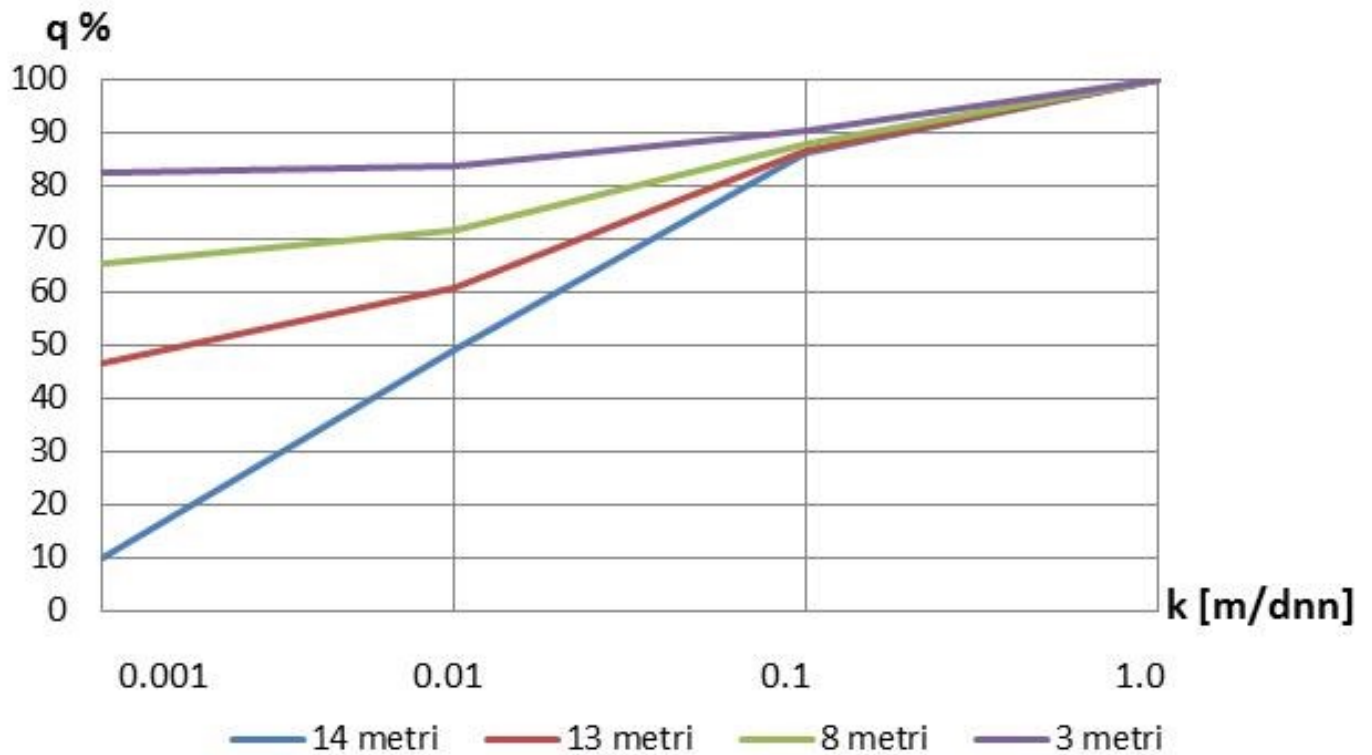
2.10. att. Ēkas aizsargsienas izraisītā pazemes ūdens līmeņu izmaiņa [m], ja pazemes ūdens plūsmas gradients ir 0.003



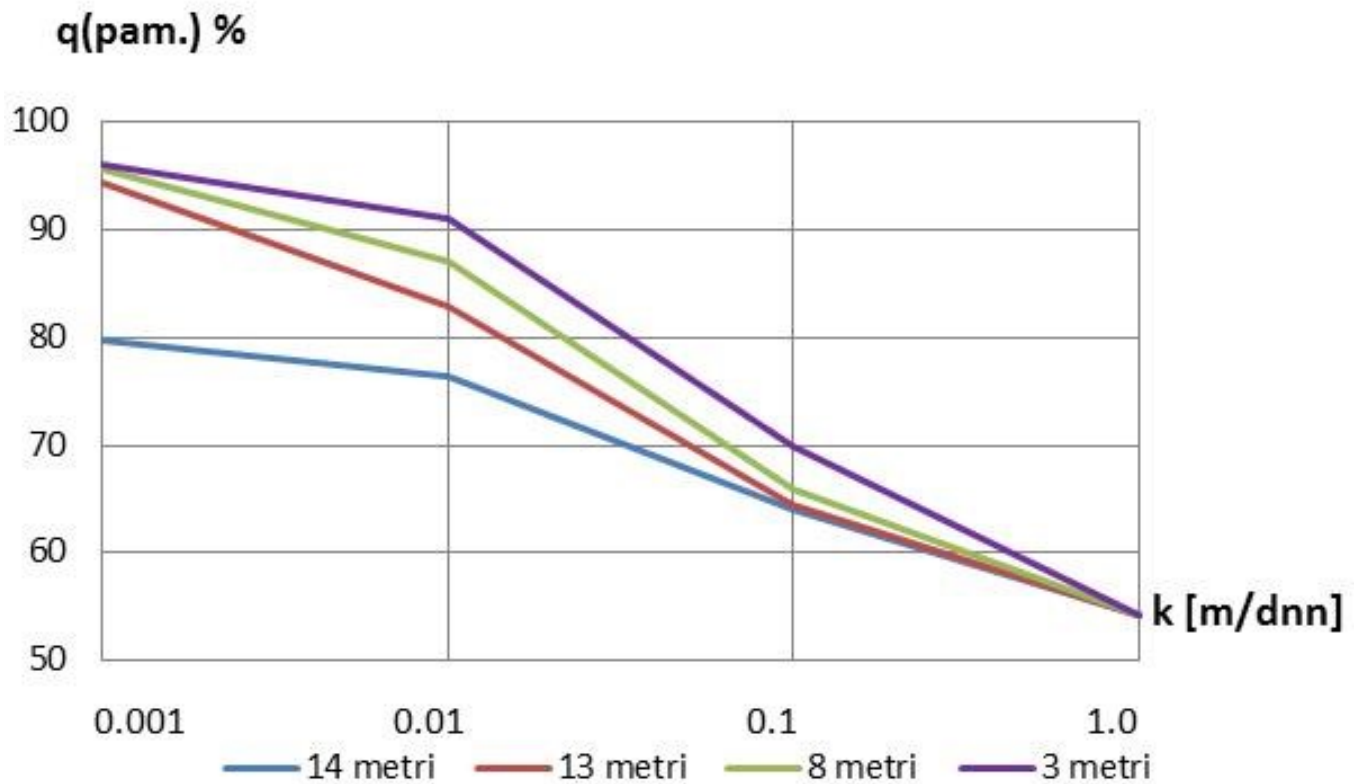
3.1. att. Pazemes ūdens līmeņa pazeminājums  $S(m1)$  [%] monitoringa punktā  $m1$



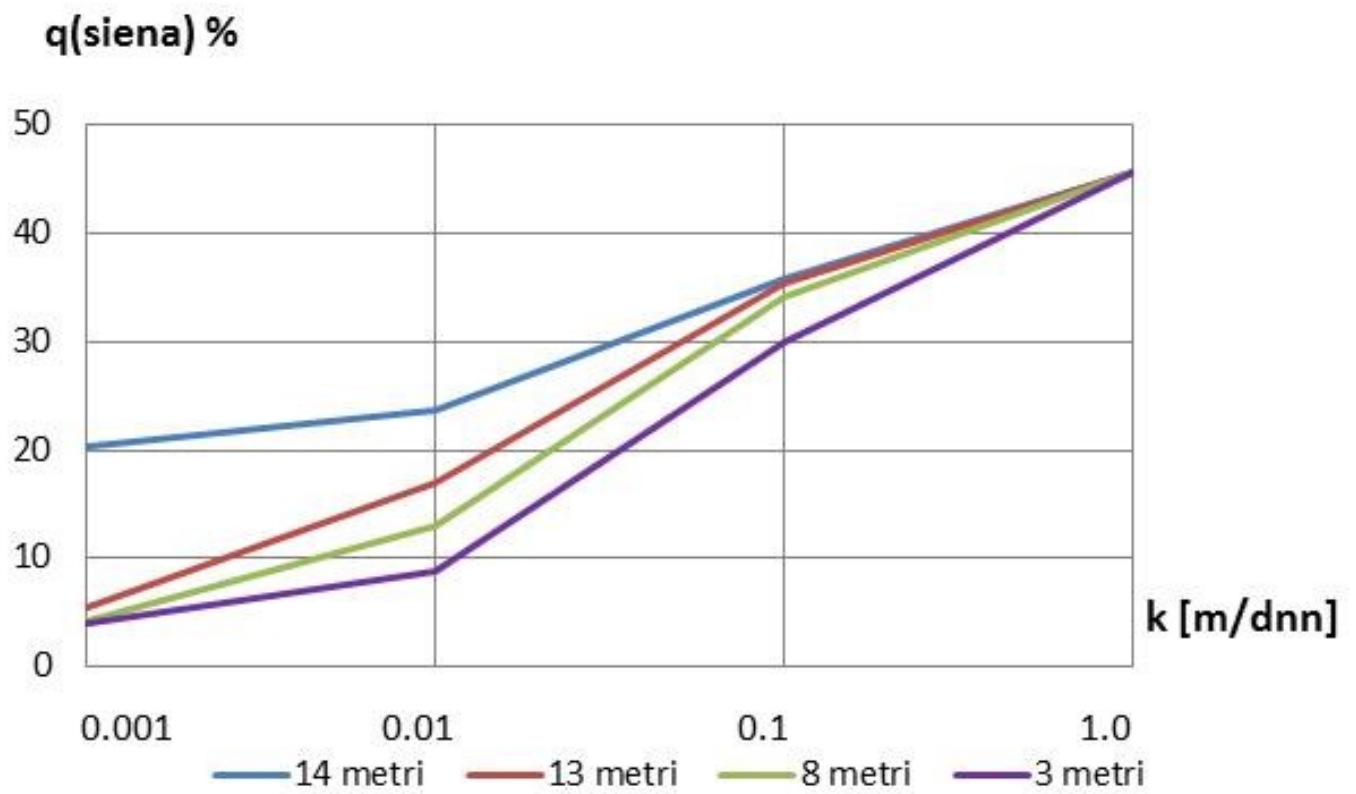
3.2. att. Pazemes ūdens līmeņa pazeminājums  $S(m2)$  [%] monitoringa punktā  $m2$



3.3. att. Atsūkņēšanas ražība  $q$  [%] būvbedrei



3.4. att. Pazemes ūdens plūsma  $q(pam)$  [%] caur būvbedres pamatni



3.5. att. Pazemes ūdens plūsma  $q(siena)$  [%] caur būvbedres sienu