



Gubiščas ezera ūdens līmeņa izmaiņu noteikšanu ezera dibena tīrīšanas rezultātā

Pasūtītājs: Daugavpils pilsētas pašvaldības iestāde
“Komunālās saimniecības pārvalde”

Izpildītājs: Piegādātāju apvienība SIA “Procesu analīzes un
izpētes centrs” un SIA “GeoExpert”

31-Okt-2016 Līgums 2-9/315/2016 (1116/1-b)

Noslēguma atskaite

Rīga, Aprīlis – 2017

Procesu analīzes un izpētes centrs



ANOTĀCIJA

Darbā veikta Gubišces ezera hidroloģiskā un hidroģeoloģiskā izpēte. Veikta ezera sateces baseina apsekošana. Plašs lauka darbu komplekss ietver urbumu ierīkošanu, ezera ūdenslīmeņu un gruntsūdeņu līmeņu novērojumus no 2016.gada decembra līdz 2017.gada aprīlim. Izveidots un kalibrēts Gubišces ezera sateces baseina hidroloģiskais modelis. Ar hidroloģisko modeli veikts ezera ūdenslīmeņa ilgtermiņa aprēķins (2006-2017.gg.), nosakot tā svārstību raksturu dažādos gados. Izveidots trīsdimensionāls plašākas, ezeru ietekmējošas, teritorijas hidroģeoloģiskais modelis, kas kalibrēts uz novēroto ezera ūdenslīmeni. Ar hidroģeoloģisko modeli veikts vairāku stacionāru scenāriju aprēķins.

Atskaite uzrakstīta latviešu valodā, tā satur 34 lappuses, 36 attēlus, 6 literatūras atsaucis un pielikumu.

SATURS

1. IEVADS	3
2. HIDROLOĢISKAIS MODELIS	5
2.1. Modeļa izveide	5
2.2. Modeļa kalibrācija	8
2.3. Modeļaprēķini	11
3. HIDROĢEOLOĢISKAIS MODELIS	18
3.1. Modeļa izveide	18
3.2. Modeļa kalibrācija	22
3.3. Modeļaprēķini	23
3.3.1. Bāzes variants	23
3.3.2. Mazūdens gadi	26
3.3.3. Ezera padziļināšanas efekts	31
4. SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS	32
LITERATŪRA	34

PIELIKUMS:

GeoExpert (2017). Gubišces ezera hidroģeoloģiskā izpēte. SIA "GeoExpert", Rīga, Aprīlis, 2017.

1. IEVADS

Šis darbs ir 2016. gada 31. oktobra Līguma Nr. 2-9/315/2016 (1116/1-b) "Gubišces ezera ūdens līmeņa izmaiņu noteikšanu ezera dibena tīrīšanas rezultātā" starp Daugavpils pilsētas pašvaldības iestādi "Komunālās saimniecības pārvalde" (Pasūtītājs) un piegādātāju apvienību SIA „Procesu analīzes un izpētes centrs” un SIA "GeoExpert" (Izpildītājs) noslēguma atskaite.

Līguma virsmērķis ir noteikt Gubišces ezera iespējamo ūdens bilances izmaiņu ezera gultnes iespējamās tīrīšanas rezultātā.

Lai sasniegtu šo mērķi tika veiktas literatūras studijas, veikta hidroģeoloģiskā izpēte, organizēti un realizēti gruntsūdeņu un ezera ūdenslīmeņu novērojumi un veikta matemātiskā hidroģeoloģiskā un hidroģeoloģiskā modelēšana. Noslēguma atskaite sastāv no 2 sējumiem – šajā sējumā sniegts pārskats par matemātisko modelēšanu un izdarīti pamatsecinājumi, bet tās Pielikumā GeoExpert (2017) sniegts lauka darbu apraksts, to rezultāti un rezultātu interpretācija.

Atbilstoši Tehniskajai specifikācijai, Līguma ietvaros tika veikti sekojoši darbi:

1. Lauka pētījumu darbu bloka apraksts sniegts GeoExpert (2017) 1.nodaļā. Tas ietvēra:
 - a. Ezera apkārtnes, apkārtējo ūdensteču un ūdenstilpju apsekošanu un fotofiksāžu, GeoExpert (2007) 5.pielikums. Pētījumu teritorijas raksturojums sniegts GeoExpert (2017) 2.nodaļā.
 - b. Virszemes ūdens un gruntsūdeņu līmeņu sadalījuma Gubišces ezerā un apkārtējās ūdenstecēs / ūdenstilpnēs novērojumus. Gruntsūdeņu plūsmas struktūras ezera apkārtņē (gruntsūdeņu līmeņu atzīmju sadalījumu, gruntsūdeņu plūsmas virzienus un gradientus) noteikšanai tika izveidoti 18 urbumi ap Gubišces ezeru, no kuriem 15 urbumi aprīkoti ar automatiskiem ūdens līmeņa mērītājiem. Mērījumu rezultāti sniegti GeoExpert (2017) sadaļās 2.1 un 2.3.
 - c. Gruntsūdeņu līmeņu un ezera līmeņu starpības ezera teritorijā noteikšana un gruntsūdeņu līmeņu sezonālo svārstību interpretācija veikta GeoExpert (2017) sadaļā 2.3.
 - d. Visu urbumu koordinātu un augstuma atzīmju noteikšana, ezera teritorijas un apkārtnes ģeoloģiskās uzbūves īpatnību precizēšana veikta GeoExpert (2017) sadaļā 2.2. Visu urbumu ģeoloģiskie griezumi apkopotā GeoExpert (2017) 6.pielikumā.
2. Matemātisko modeļu izveide un pielietošana veikta šī sējuma turpmākajās nodaļās.
 - a. Orientējošā ezera ūdens bilances veidošanās teritorijas konfigurācija noteikta (deliniēta) un hidroģeoloģiskais modelis izveidots sadaļā 2.1.

Sadaļā 2.2 šis modelis kalibrēts uz lauka darbu ietvaros novēroto ūdenslīmeņu laika rindu.

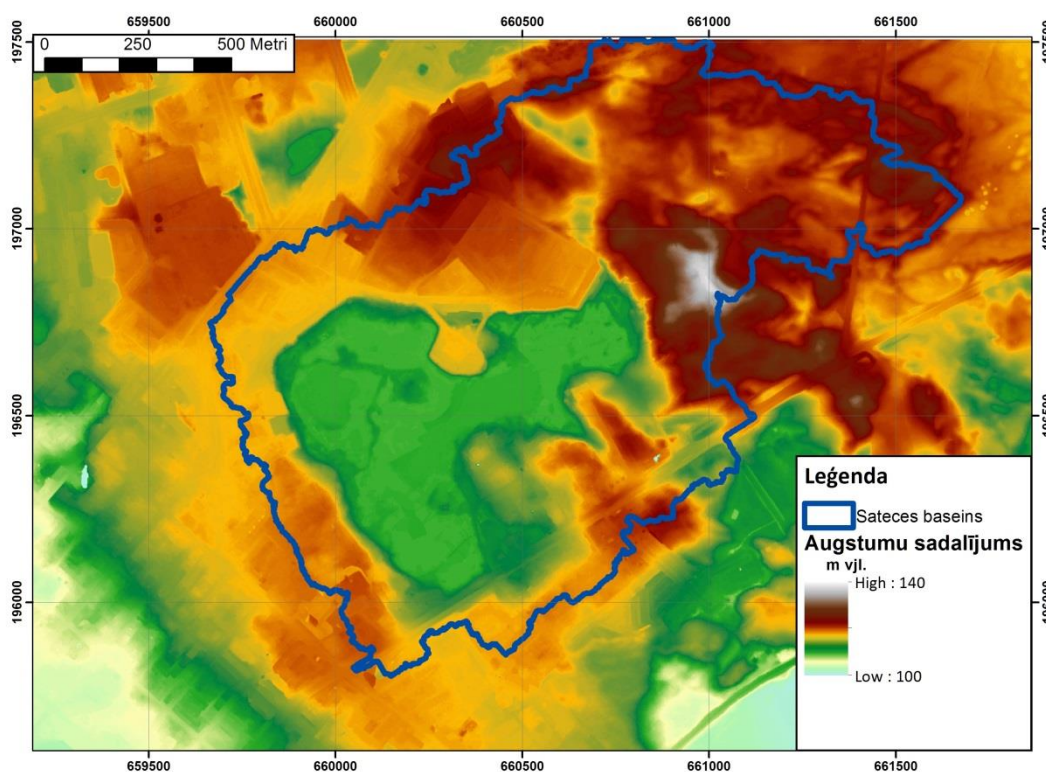
- b. Aprēķini ar kalibrēto hidroloģisko modeli veikti sadaļā 2.3 laika posmam kopš 2006.gada, nosakot ezera sateces baseina ūdens bilanci un ūdenslīmeņa sezonālās svārstības.
- c. Trīsdimensiju skaitliskais hidroģeoloģiskais (filtrācijas) modelis, kas aptver visu ezera ūdens bilances veidošanas teritoriju, izveidots sadaļā 3.1. Sadaļā 3.2 hidroģeoloģiskais modelis kalibrēts pēc gruntsūdeņu un ezera ūdenslīmeņu sadalījuma.
- d. Ar kalibrēto hidroģeoloģisko modeli sadaļā 3.3 veikti aprēķinu varianti: (a) noteiktas ezera ūdens līmeņa variācijas, (b) aprēķinātas sagaidāmās ezera ūdenslīmeņa izmaiņas dibennogulumu izņemšanas rezultātā.
- e. Pamatojoties uz matemātiskās modelēšanas un lauka darbu rezultātiem, secinājumi izdarīti 4. nodaļā. Tie ietver dibennogulumu ieguves rekomendācijas, un secinājumus par pasākumiem Gubišces ezera ūdens daudzuma papildināšanai.

2. HIDROLOĢISKAIS MODELIS

2.1. Modeļa izveide

Gubišces ezera ūdens bilances noteikšanai tika izveidots hidroloģiskais modelis uz atvērta koda programmatūras SWAT (Soil and Water Assessment Tool¹) bāzes. Modeļa izveidei tika lietoti sekojoši rīki, dati un pieņēmumi:

1. Tika lietota SWAT programmatūra Arnold et al (2012), tās versija SWAT2012 rev.664 ar ģeotelpiskās informācijas apstrādes rīku ARCSWAT 2012.10_3.19.

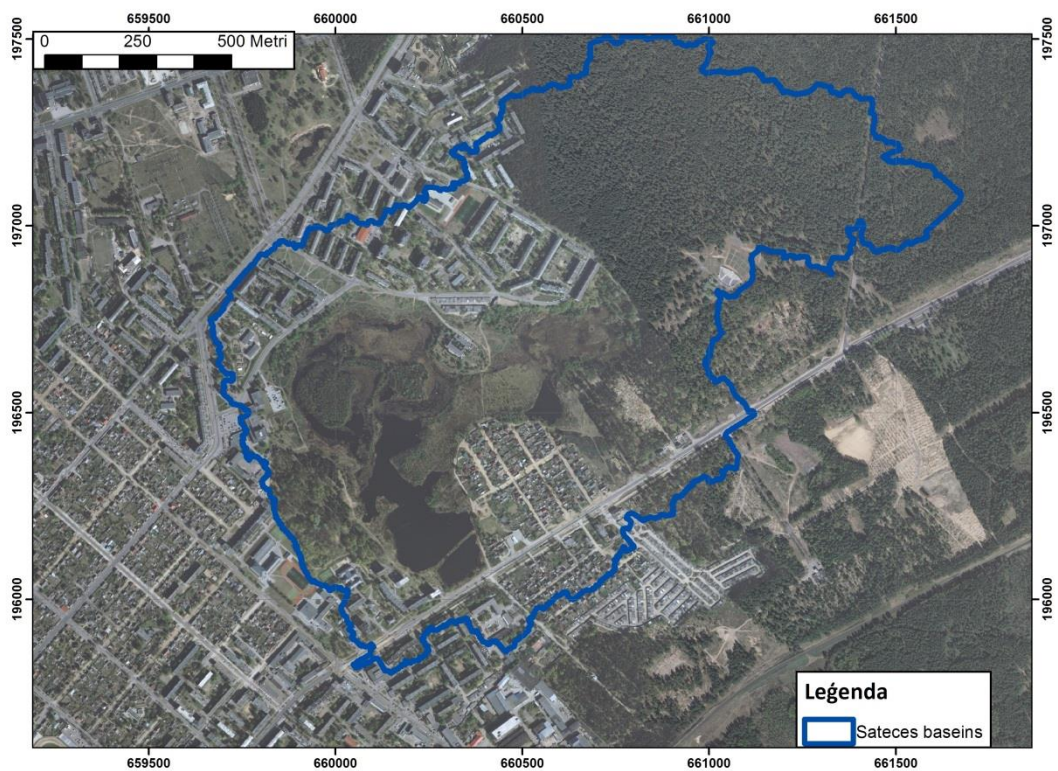


Attēls 1. Gubišces ezera sateces baseins. Reljefs.

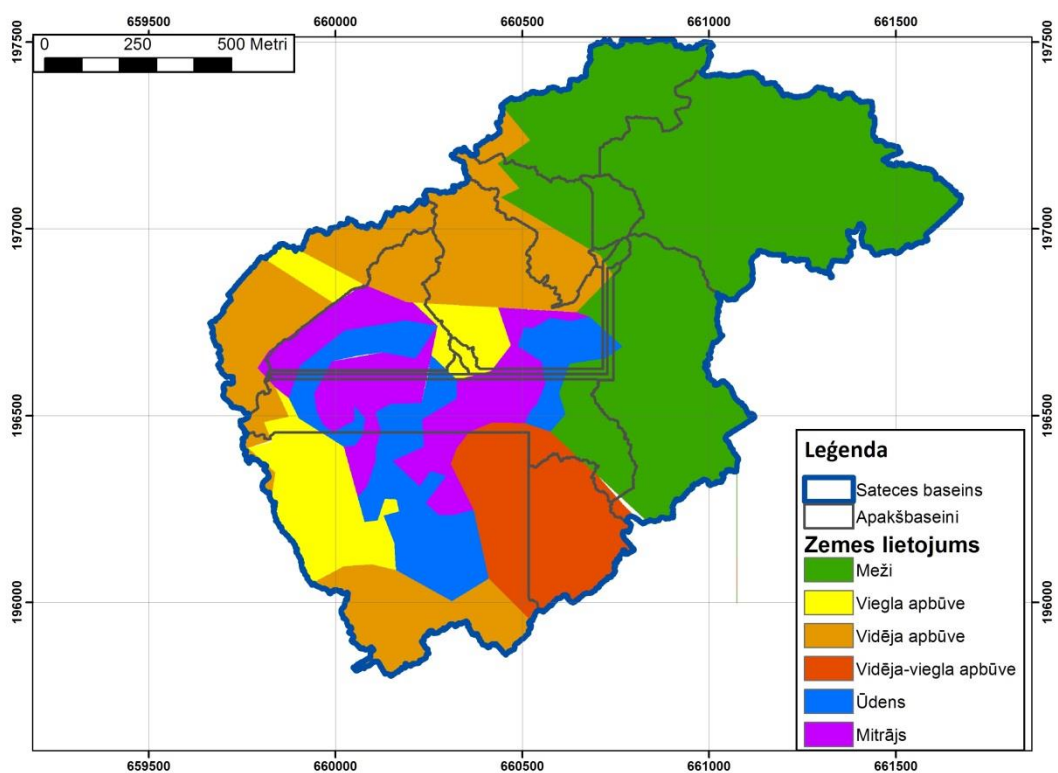
2. Gubišces ezera sateces baseins tika delinēts, balstoties uz SIA “Terra topo” sagatavoto LIDAR reljefa datubāzi ar telpisko izšķirtspēju augstāku par 1 punktu uz kvadrātmetru. Sateces baseina apgabals uz reljefa fona parādīts attēlā 1, bet uz ortofoto fona – attēlā 2. Sateces baseina laukums ir 177 ha.
3. Modeļapgabals tika sadalīts 15 apakšbaseinos, kas savukārt kopumā veidoja 106 elementārās noteces vienības², kuras tika izšķirtas pēc zemes lietojuma, virsmas slīpuma un augsnes.
4. Zemes lietojuma, virsmas slīpuma un augsnes īpašību izdalīšanai tika lietota PAIC (2014) pieeja:

¹ <http://swat.tamu.edu/>

² HRU – hydrological response unit



Attēls 2. Gubišes ezera sateces baseins. Ortofoto.



Attēls 3. SWAT zemes lietojuma sadalījums modeļapgabalā.

- a. Tika izdalīti divas virsmas slīpuma klases (0-4% un 4-100%), kuras tika aprēķinātas no reljefa datiem.
 - b. Tika izdalīta viena augsne (ja neskaita ezera teritoriju), kura atbilst PAIC (2014) lietotajai augsnei SDp-b. Augsnes atbilstība Lietuvas augsnei tikai veikta, balstoties uz GeoExpert (2017) veiktajiem urbumiem.
 - c. Tika izdalīti 6 zemes lietojuma veidi – mežs, 3 tipa apbūves, mitrāji un ūdeņi, to novietojums modeļapgabalā parādīts attēlā 3.
5. Kā modeļa ieejas dati tika izmantoti LVĢMC meteoroloģiskie novērojumi (gaisa temperatūra, nokrišņu daudzums un veids) Daugavpils novērojumu stacijā.

Izvēlēta pieeja hidroloģiskā modeļa izveidei ļauj tieši izmantot PAIC (2014a) rezultātus, proti SWAT modeļa kalibrāciju Lietuvas teritorijas Ziemeļaustrumiem (Daugavas baseinam), kas ir reprezentatīva arī Daugavpils apstākļiem.

SWAT modelis ievēro virszemes un seklo gruntsūdeņu noteces raksturu, ievērojot apaugumu, augsni, virsmas slīpumu; tas apraksta veģetācijas attīstību modeļapgabalā (tātad evapotranspirācijas sezonālo gaitu), sniega segas veidošanos un kušanu. Modeļaprēķinu rezultāts ir trīs ezera ūdens bilances komponentes – nokrišņi (vai sniega kušana) sateces baseinā p , evapotranspirācija E , virszemes un seklo gruntsūdeņu pieteces ezeram $Q_{in}(t)$ laika grafiki.

2.2. Modeļa kalibrācija

Ezera ūdens bilances vienādojums ir

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_{in}(p, E) - Q_g}{A(h)} \quad (1)$$

Šeit

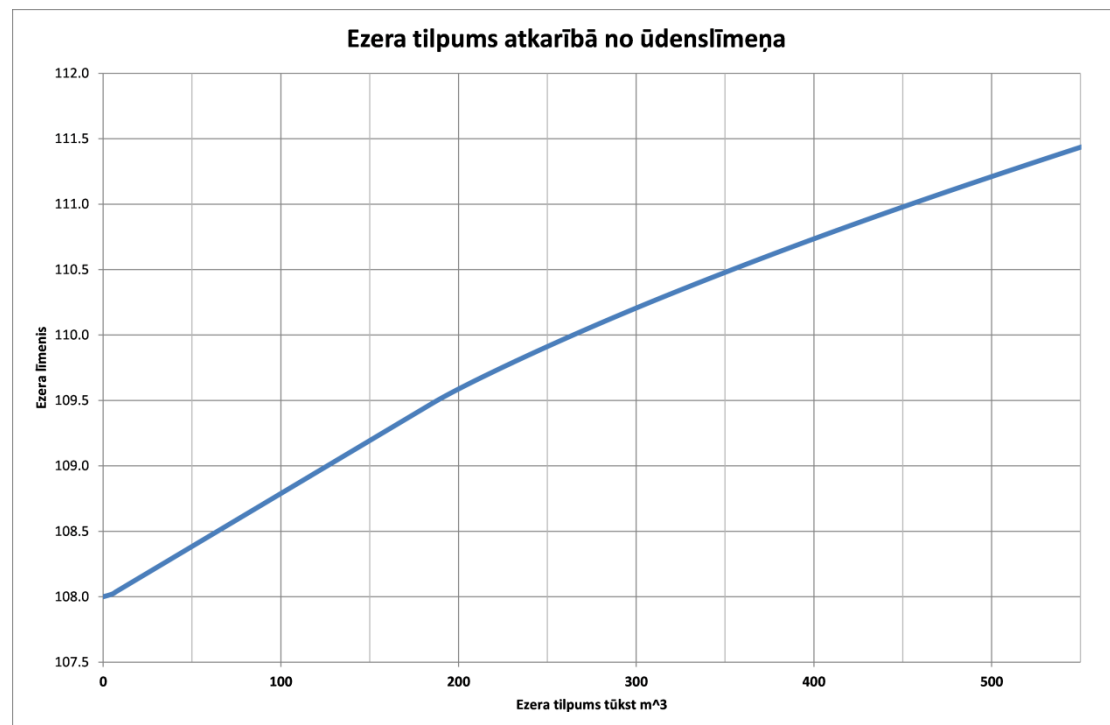
h – laikā t mainīgais ezera ūdenslīmenis;

Q_{in} – SWAT aprēķinātā, no nokrišņu daudzuma un evapotranspirācijas atkarīgā virszemes un seklo gruntsūdeņu pietece ezeram;

$A(h)$ – no ūdenslīmeņa atkarīgais ezera virsmas laukums;

Q_g – pazemes ūdens notece (ezeram nav virszemes noteces).

Ezera virsmas laukuma atkarību no ūdenslīmeņa nosaka hipsogrāfiskā līkne, attēls 4. Veidojot hipsogrāfisko līkni, pieņemts, ka ezers praktiski izzūd, ja tā ūdenslīmenis nokrītas zem 108 m augstuma atzīmes.



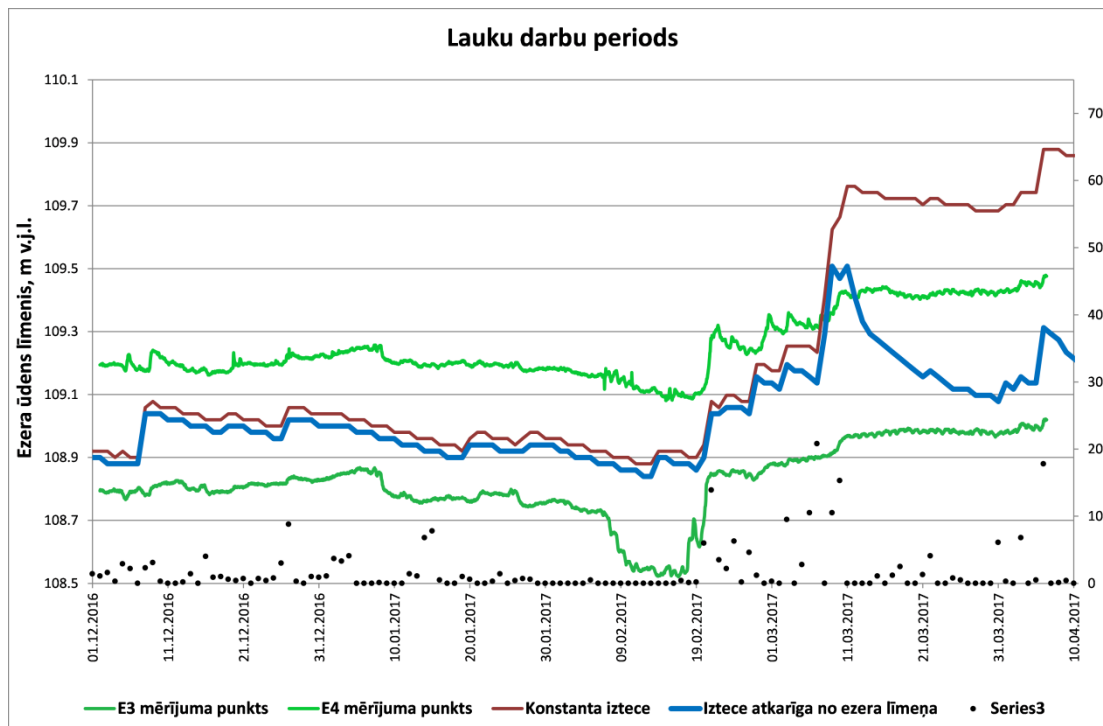
Attēls 4. Gubišes ezera hipsogrāfiskā līkne.

Hidroloģiskā modeļa kalibrācija nozīmē atrast ūdens bilances komponenti, kas raksturo ūdensapmaiņu ar pazemes ūdeņiem Q_g . Attēlā 5 ir parādīti kalibrācijas aprēķini novērojumu laika periodam 2016/2017 gg. ziemā.

Šajā attēlā attēlota sekojoša informācija:

- ar punktiem atlikti nokrišņi,

- ar zaļām līknēm attēloti novērotie augstākais (punktā E3) un zemākais (punktā E4) ezera ūdenslīmeņu laika grafiki,
- ar sarkanu līkni atlikts modelētais ezera ūdenslīmenis pie pieņēmuma $Q_g = \text{const}$.



Attēls 5. Hidroloģiskā modeļa kalibrācija uz novēroto ezera ūdenslīmeni.

Kalibrācijas mērķis ir atrast tādu Q_g vērtību, lai modelētais ūdenslīmenis sakristu ar novēroto, tas ir atrastos starp minimālo un maksimālo novērojumu vērtībām. Kopumā modelētais ūdenslīmenis labi seko novērotā ezera ūdenslīmeņa signālam. Laika periodā no 8-Feb-2017 līdz 20-Feb-2017 ezera daļā, kurā izvietota mērvieta E4 ir novērots straujš ūdenslīmeņa kritums. Acīmredzot, šajā laika periodā ezera daļa zemā ūdenslīmeņa dēļ ir bijusi atsaistīta no pārējā ezera.

Modelis, salīdzinājumā ar novērojumiem, uzrāda būtiski straujāku ūdenslīmeņa pieaugumu ezerā 6/11-Mar nokrišņu un straujas sniega kušanas periodā. Tas norāda uz to, ka modelētais pieņēmums par konstantu noteci uz gruntsūdeņiem nav pareizs, un, sasniedzot noteiktu ūdenslīmeņa sliekšni, ezera pazemes notece būtiski pieaug. Šāds pieņēmums ir loģiski izskaidrojams – infiltrācija no ezera būtiski pieaug, ja tā līmenis pārsniedz ar sapropeļa/kūdras nogulumiem pārklāto zonu; infiltrācija smilšainajos nogulumos jau kļūst būtiski lielāka. Lai ievērotu šo apstākli, ūdensbilances modelī (1) tika ieviests no ezera ūdenslīmeņa atkarīgs noteces loceklis:

$$Q_g = Q_0 + q_0 h \quad (2)$$

Atrastās kalibrācijas konstantes, lai aprēķinātu pazemes noteci l/s vienādojumā (2) ir

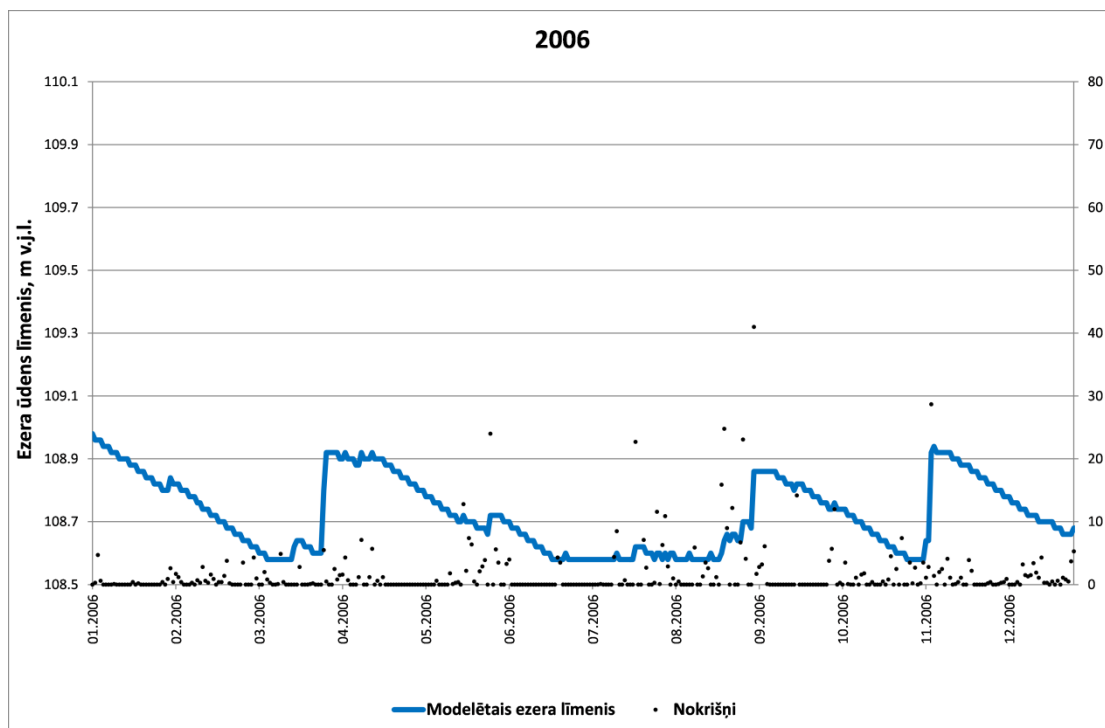
$$Q_g = \left\{ \begin{array}{l} 9,8 \dots h < 109 \\ 9,8 + 8,75(h - 109) \dots 109 < h < 109,4 \\ 137,2 \dots h > 109,4 \end{array} \right\} \quad (3)$$

Tātad, “normālā” pazemes notece no ezera (caur kūdras un sapropeļa dibennogulumiem) ir aptuveni 10 l/s. Ezera ūdenslīmenim sasniedzot 109 m, tā pieaug, līdz pie $h = 109,4$ m kļūst 14 reizes lielāka.

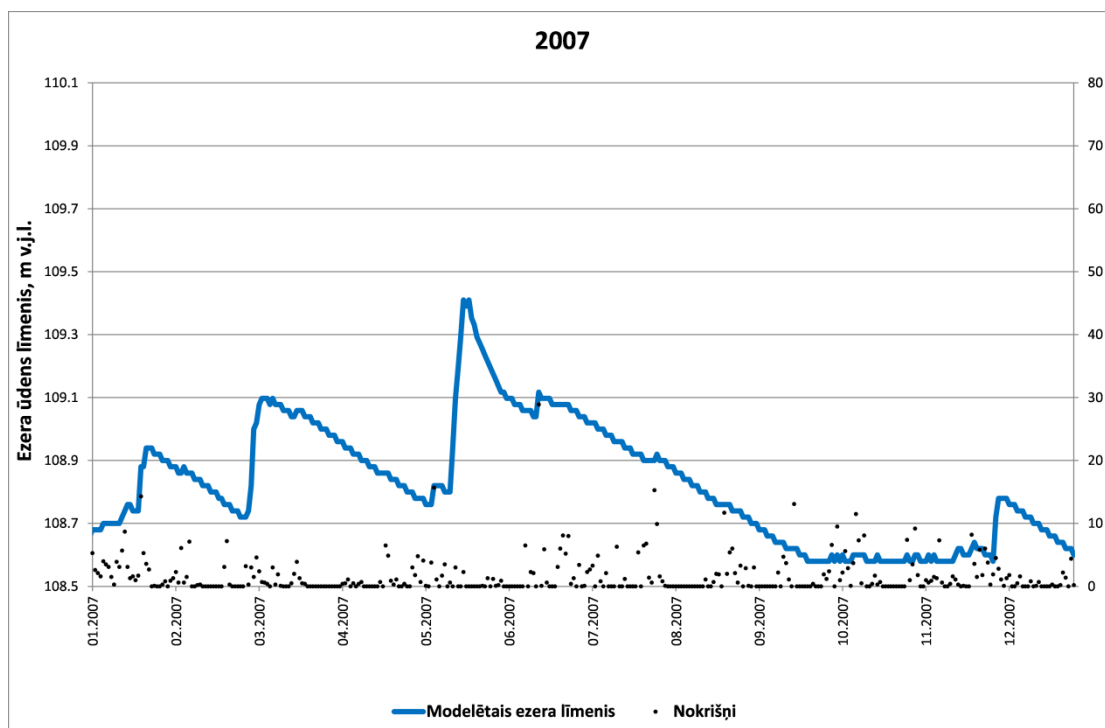
Ar kalibrēto modeli veiktais ezera ūdenslīmeņa laika grafika aprēķins parādīts ar zilu līkni attēlā 5.

2.3. Modeļaprēķini

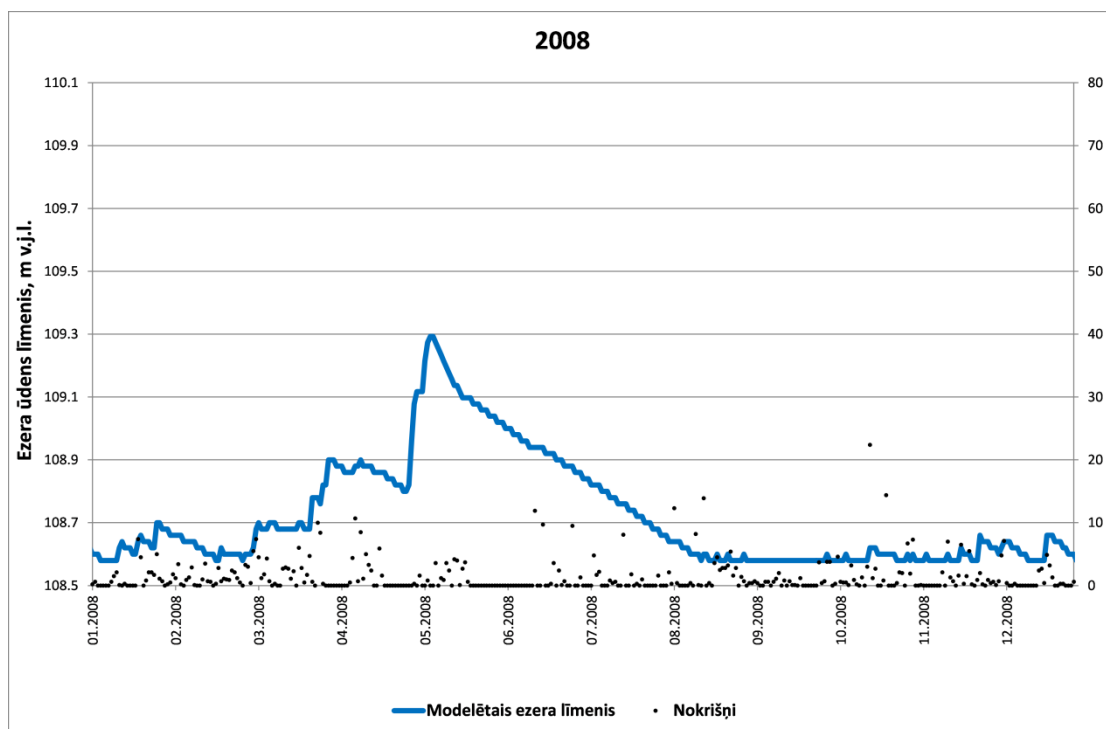
Ar kalibrēto hidroloģisko modeli tika veikts ezera ūdenslīmeņa aprēķins 11 gadu (2006-2016) periodam. Aprēķina rezultāti kopā ar ikdienas nokrišņu daudzumu attēloti attēlos 6-16.



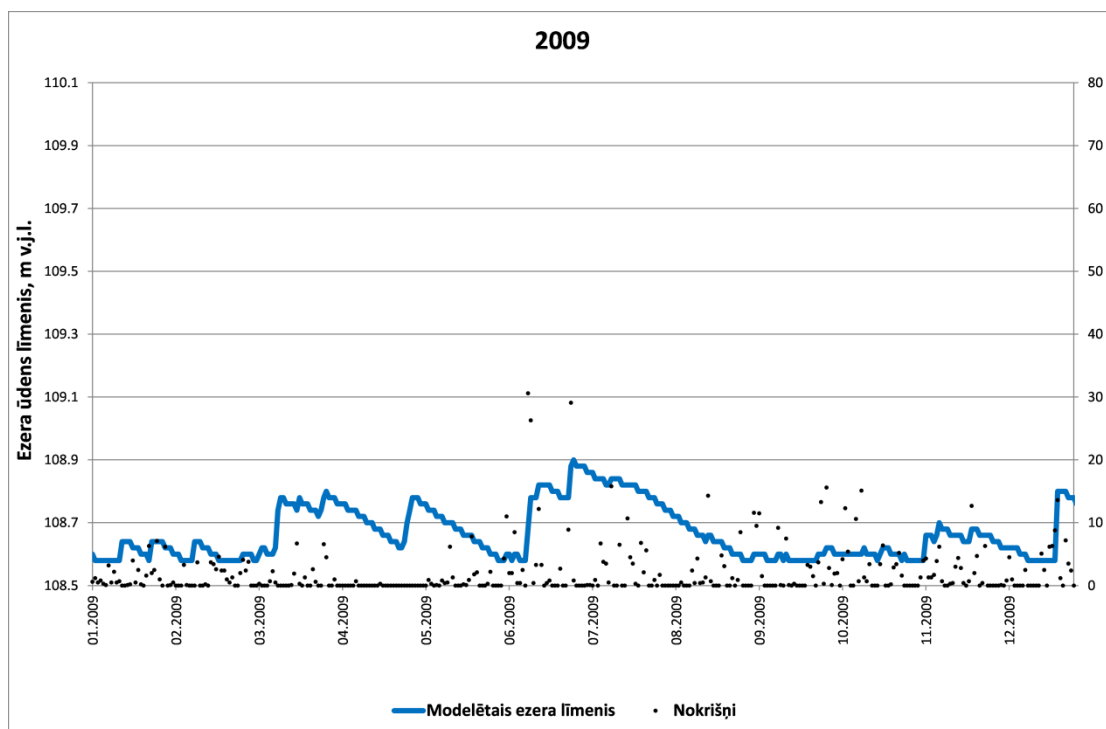
Attēls 6. Aprēķinātais Gubišces ezera ūdenslīmenis 2006.gadā.



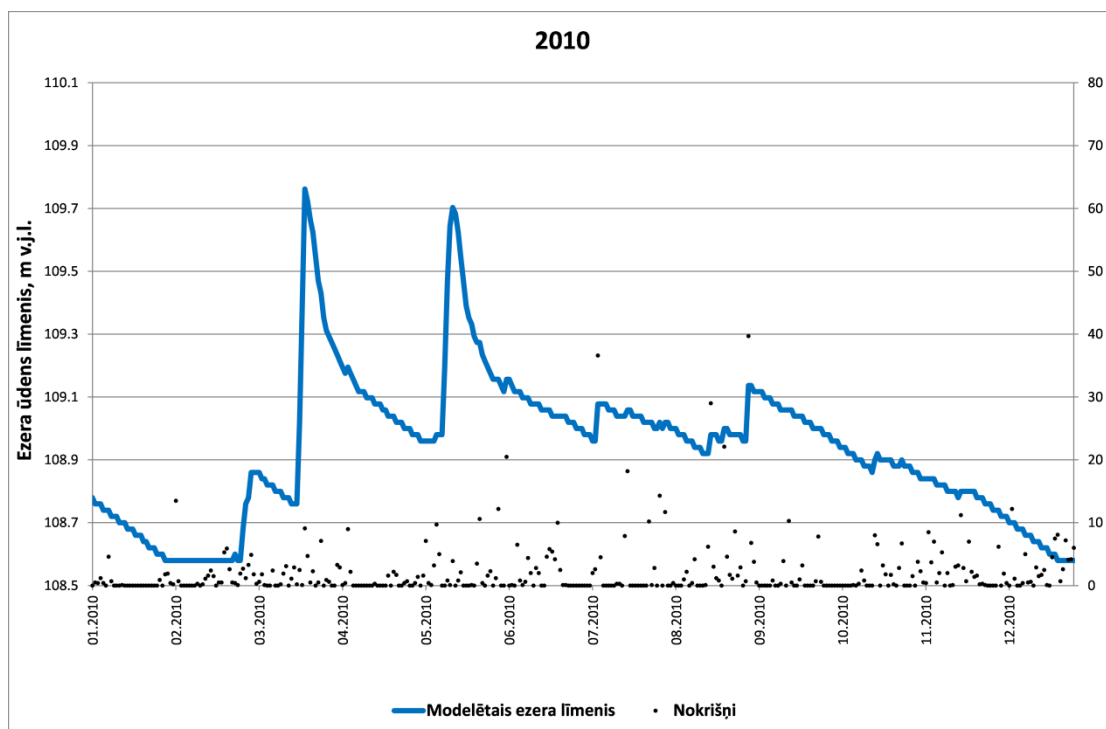
Attēls 7. Aprēķinātais Gubišces ezera ūdenslīmenis 2007.gadā.



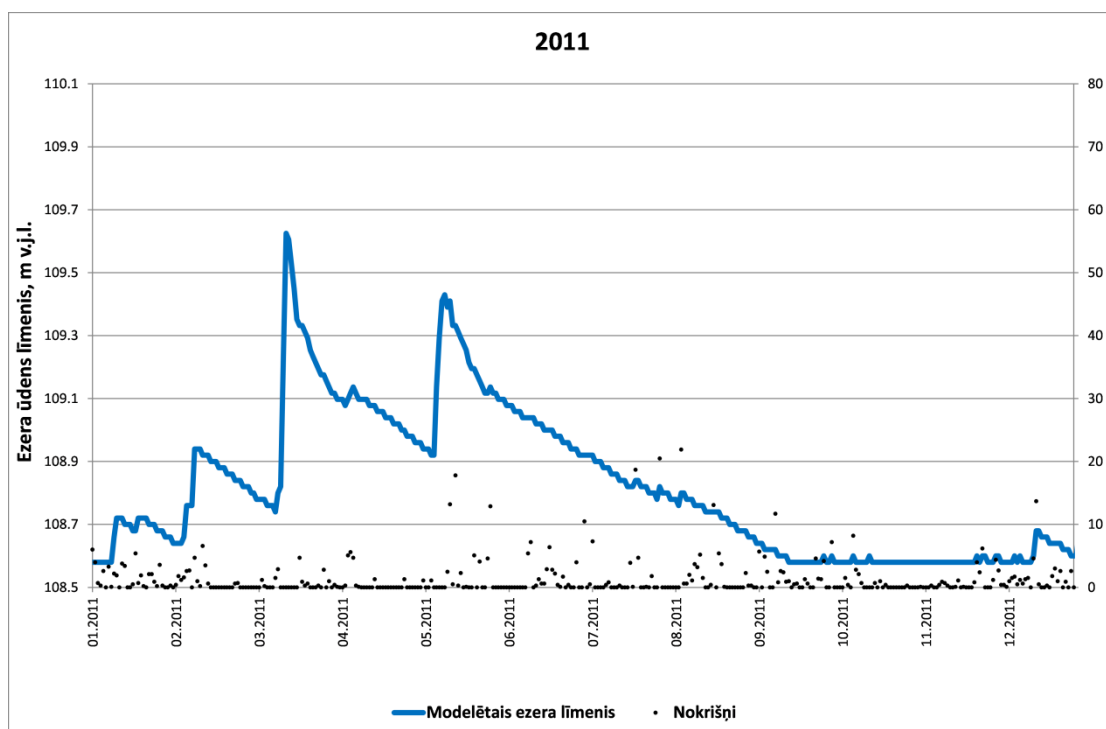
Attēls 8. Aprēķinātais Gubišcs ezera ūdenslīmenis 2008.gadā.



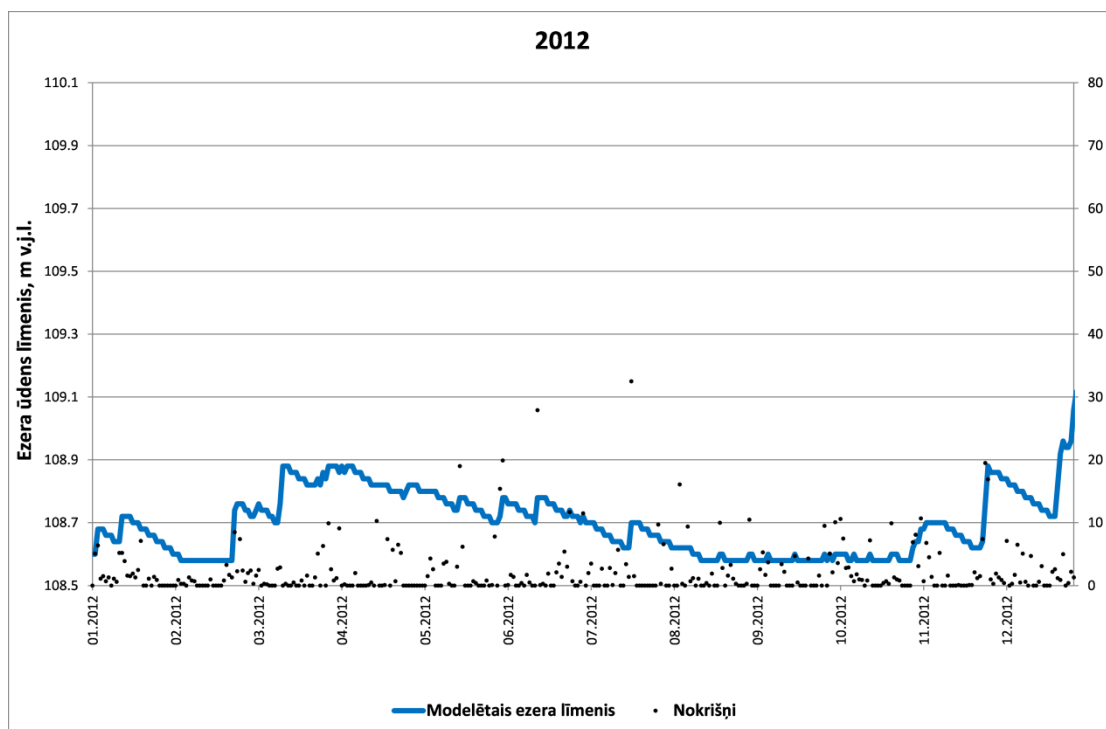
Attēls 9. Aprēķinātais Gubišcs ezera ūdenslīmenis 2009.gadā.



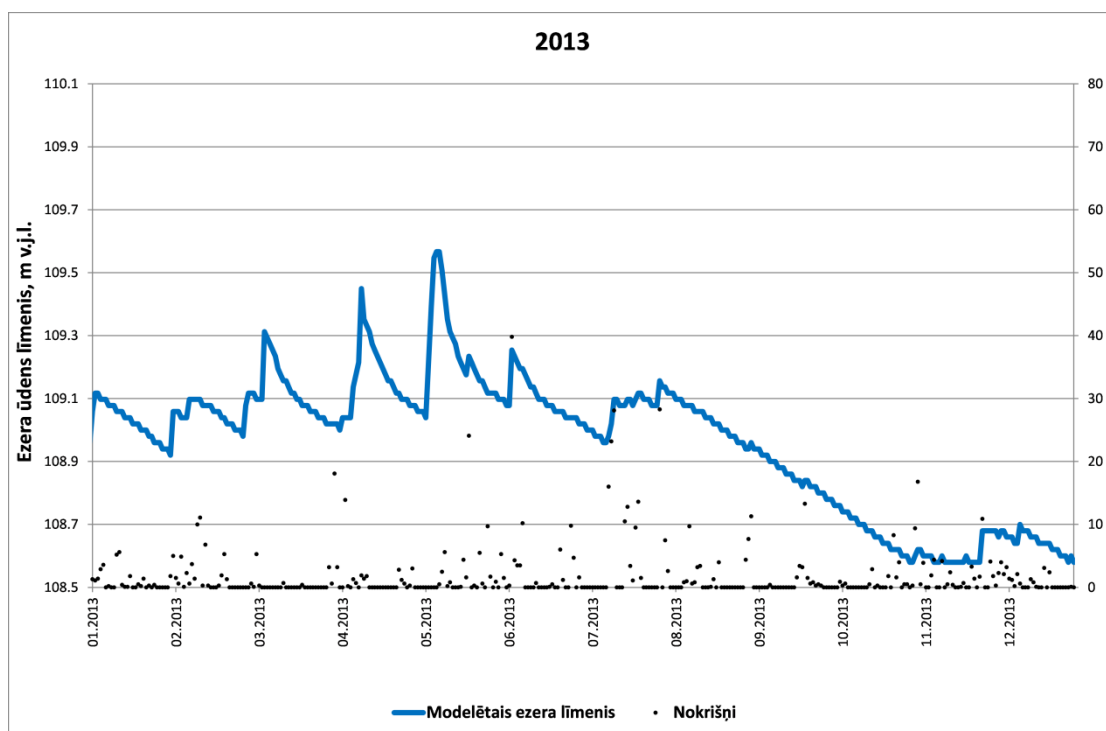
Attēls 10. Aprēķinātais Gubišes ezera ūdenslīmenis 2010.gadā.



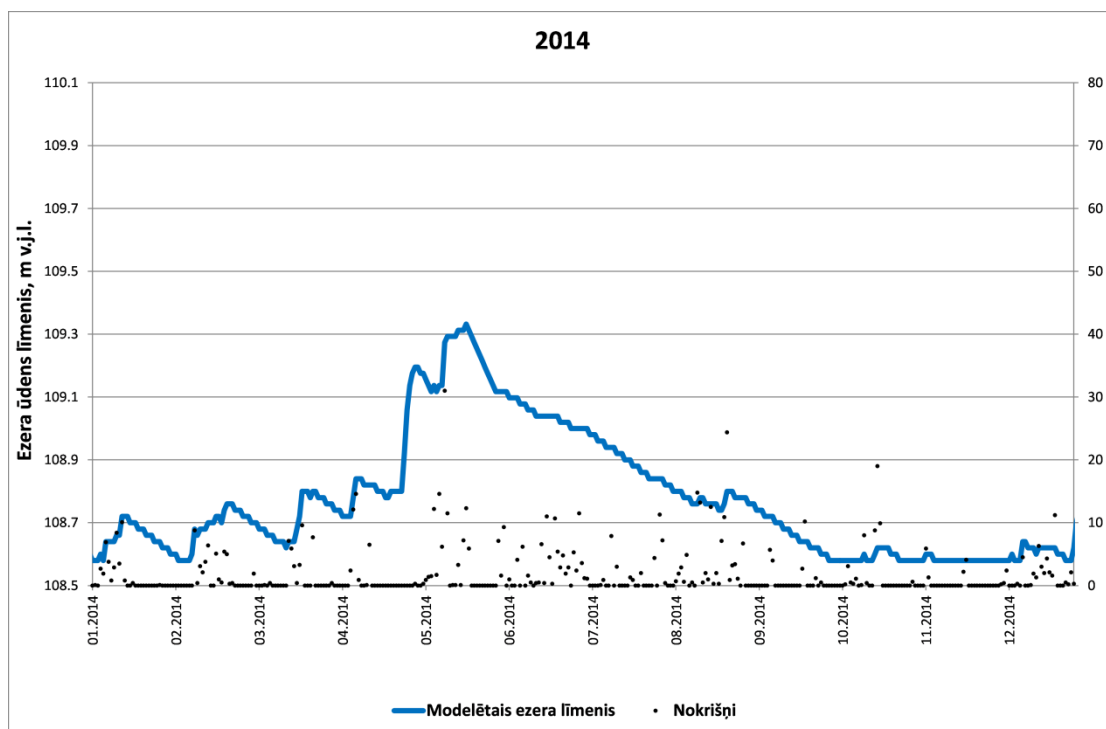
Attēls 11. Aprēķinātais Gubišes ezera ūdenslīmenis 2011.gadā.



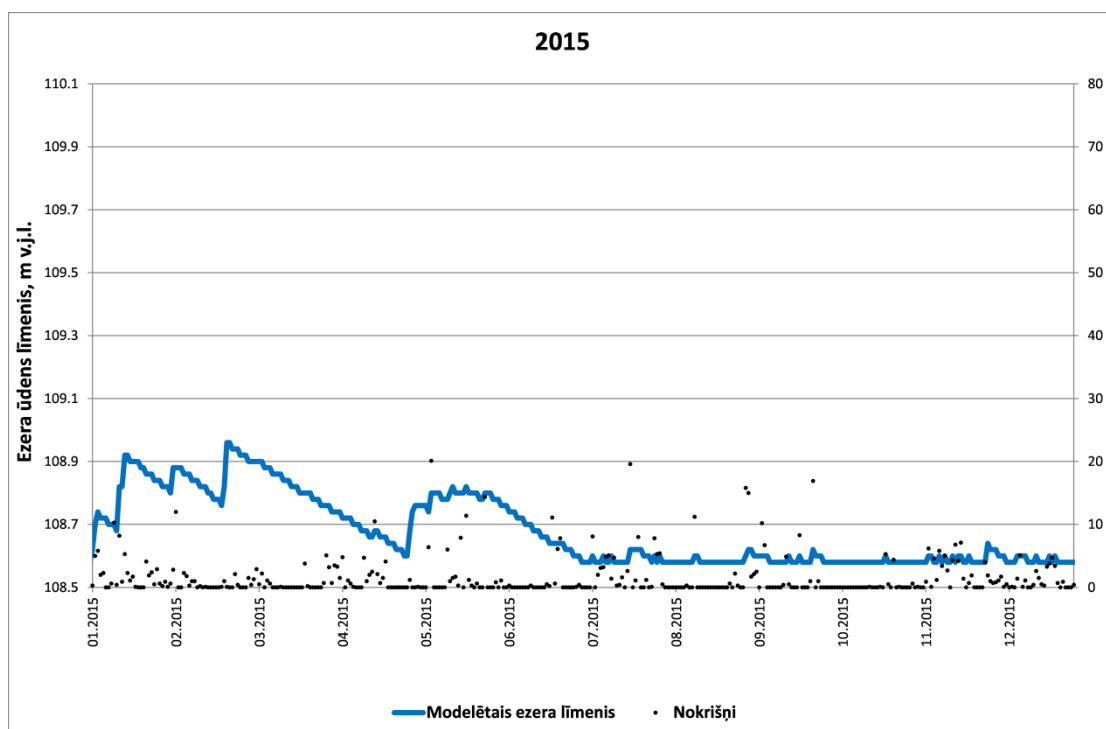
Attēls 12. Aprēķinātais Gubišes ezera ūdenslīmenis 2012.gadā.



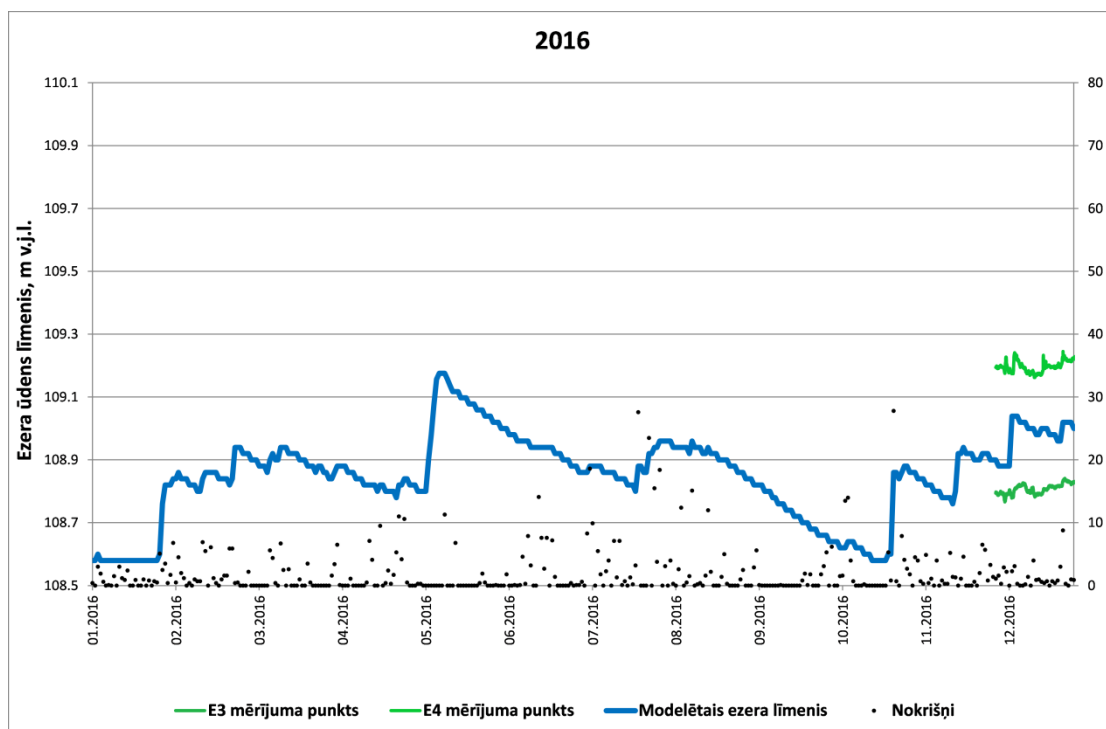
Attēls 13. Aprēķinātais Gubišes ezera ūdenslīmenis 2013.gadā.



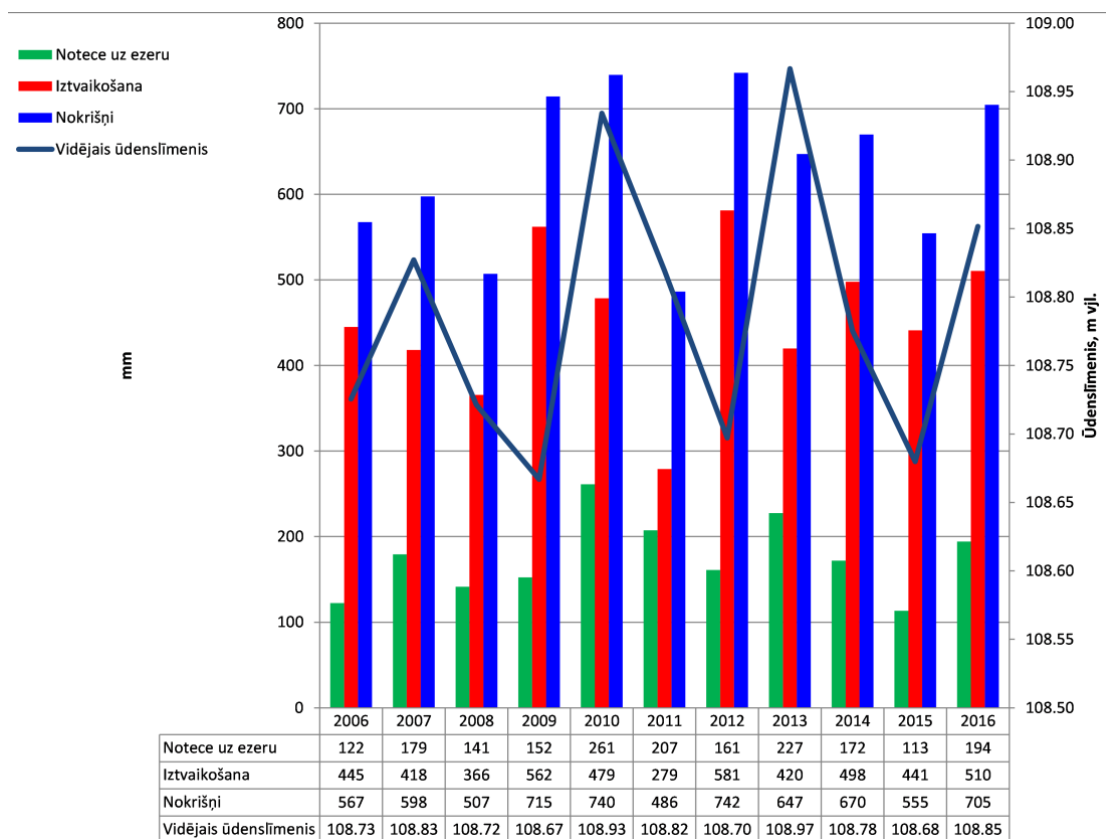
Attēls 14. Aprēķinātais Gubišes ezera ūdenslīmenis 2014.gadā.



Attēls 15. Aprēķinātais Gubišes ezera ūdenslīmenis 2015.gadā.



Attēls 16. Aprēķinātais Gubišes ezera ūdenslīmenis 2016.gadā.



Attēls 17. Hidroloģisko modeļaprēķinu kopsavilkums.

Hidroloģisko aprēķinu kopsavilkums sniegts attēlā 17. Šajā attēlā sniegts gada vidējais ezera ūdenslīmenis un gada kopējās ūdens bilances komponentes milimetros: nokrišņi, evapotranspirācija (iztvaikošana) un notece uz ezeru.

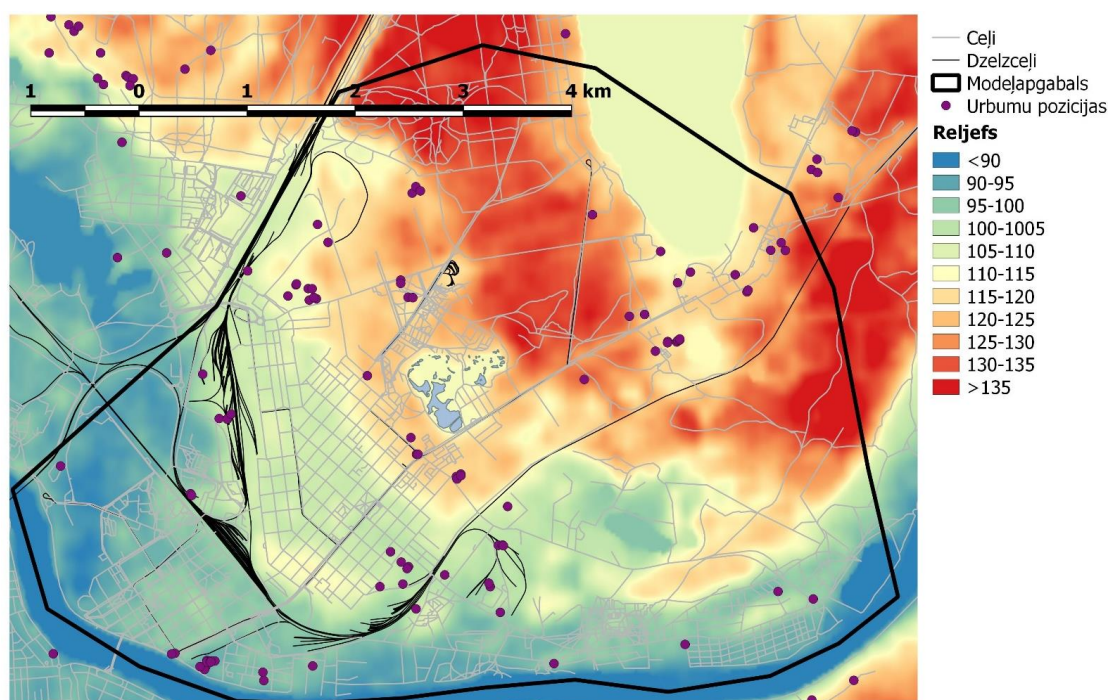
Redzams, ka nav tiešas korelācijas starp gada kopējo nokrišņu daudzumu un ezera vidējo ūdenslīmeni:

- Ja lielākā daļa no nokrišņiem ir gada siltajā daļā ar būtisku veģetāciju un augstu gaisa temperatūru (kā 2009. un 2012. gados), tad ezera ūdenslīmenis ir zems.
- Vidējais ūdenslīmenis ir augstāks, ja nokrišņi ir relatīvi vienmērīgi visa gada garumā. Šāda gada piemērs ir 2013.gads, kas pēc kopējā nokrišņu daudzuma uzskatāms par vidēju gadu, bet ezera ūdenslīmenis ir augstāks par vidējo.
- Ezera ūdenslīmenim īpaši kritiskas ir sausas un karstas vasaras (kā 2015.gadā).

3. HIDROĢEOLOĢISKAIS MODELIS

3.1. Modeļa izveide

Gubišces ezers novietots ar necaurlaidīga kūdras un sapropeļa slāni daļēji aizpildītā reljefa padziļinājumā (zem 110 m), kas atrodas aluviālu nogulumu (kāpu) zonā starp Daugavu un Stropu ezeru. Gubišces un Stropu ezeru atdalošās kāpas augstums pārsniedz 130 m, bet raksturīgās reljefa atzīmes visapkārt Gubišces ezeram ir 115-125 m. Savukārt Daugavas ielejas reljefa augstuma atzīmes ir 90-95 m vjl. Reljefa sadalījums zonā, kas varētu ietekmēt Gubišces ezera hidroģeoloģiskos apstākļus, parādīts attēlā 18.

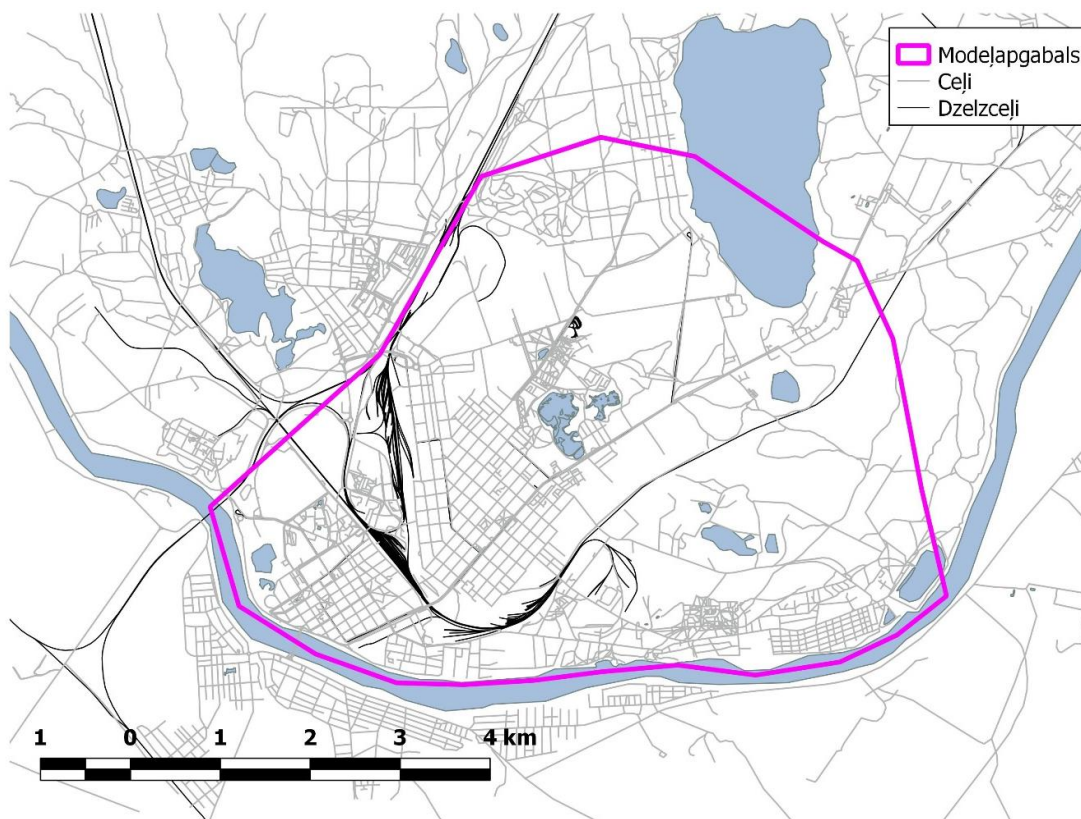


Attēls 18. Reljefs Gubišces ezera apkārtnē (krāsu laukumi). Attēlā parādīti galvenie ceļi, dzelzceļš, hidroģeoloģiskā modeļapgabala robežas un LVĢMC datu bāzes urbumu punkti.

Šādos apstākļos virsējo gruntsūdeņu reģionālā plūsma ir vērsta uz Daugavas ieleju, kas ļauj izvēlēties lokālā hidroģeoloģiskā modeļa sānu robežas (attēlā 18, 20-21). Dienvidu robeža izvēlēta pa Daugavas gultni, bet A, R un Z robežas – pa reljefa noteiktām ūdensšķirtnēm.

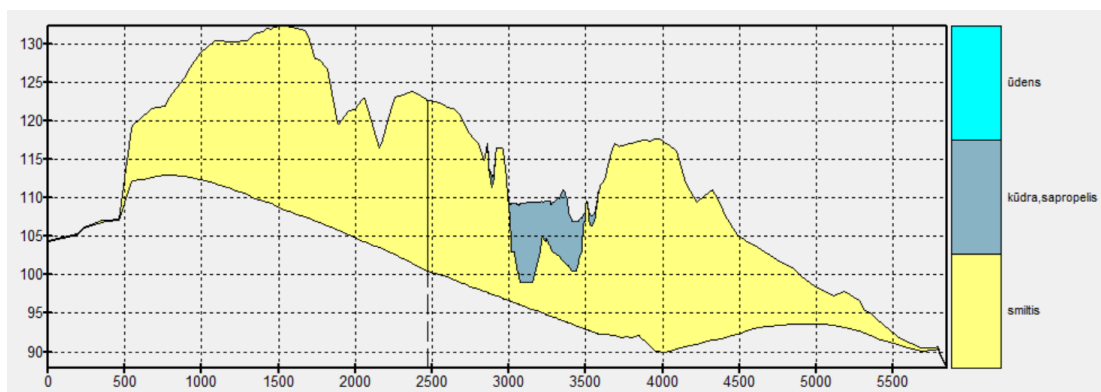
GeoExpert (2017) veiktie urbumi un analīze, kā arī Juškevičs et al (2003) parāda, ka virsējie aluviālie (smilšu) nogulumi ir homogēni un Gubišces ezera apkārtnē – arī biezi. Šīs tēzes apstiprinājums sniegts attēla 19 vertikālajā griezumā; šis attēls ir daļa no GeoExpert (2017) attēla 11. Augšējo ūdensvadošo horizontu no dziļākajiem hidroģeoloģiskajiem slāņiem atdala morēnas (atsevišķos urbumos norādīts kā aleirīts vai māls) sprosts slānis.

augšējās (vai augšējā ūdensvadošā horizonta apakšējās) robežas augstuma atzīmes no urbumu datu bāzes – attēlā 20. Morēnas ieguluma absolūtās augstuma atzīmes modeļapgabalā ir 80-115 m, tiešā Gubišces ezera apkārtnē 95-105 m, tā iznāk zemes virspusē pie Stropu ezera modeļapgabala ziemeļdaļā, kā arī Daugavas ielejas nogāzēs.



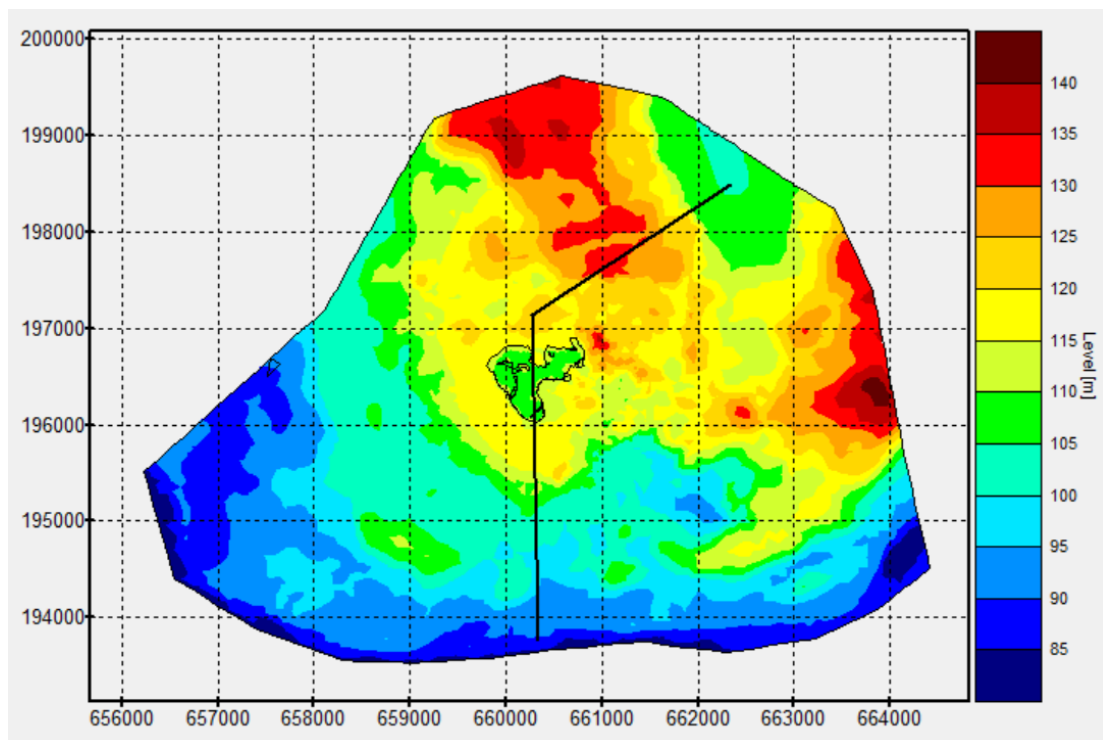
Attēls 21. Hidroģeoloģiskā modeļapgabala robežas. Attēlā parādīti galvenie ceļi, dzelzeļš un ūdenstīlpnes.

Trīsdimensionālais hidroģeoloģiskais modelis veidots ar Izpildītāja izstrādāto programmatūru HiFiGeo, PAIC (2002).



Attēls 22. Ģeoloģiskais modeļapgabala griezumums pa attēlā 23 parādīto līniju no Stropu ezera (pa kreisi) uz Daugavu (pa labi) pār Gubišces ezeru.

Izveidotā modeļapgabala griezumums no Stropu ezera uz Daugavu pār Gubišces ezeru parādīts attēlā 22, bet modeļapgabala reljefs un šī griezuma līnija – attēlā 23.



Attēls 23. Modeļa virsmas reljefs un attēla 22 griezuma līnija.

3.2. Modeļa kalibrācija

Sadaļā 3.1 izveidotais trīsdimensionālais modelis tika kalibrēts stacionārai situācijai uz 2016. gadu, proti, lauka darbu kampaņā noteikto Gubišces ezera līmeni 109,0 m.

Tika izmantotas materiālu filtrācijas īpašības – smiltīm 5 m/d, bet kūdrai un sapropelim 1 mm/d. Uz modeļapgabala virsmas Stropu ezerā tika uzlikts ūdenslīmenis 110,4 m, uz Daugavas gultnes – ūdenslīmenis 86,4 m.

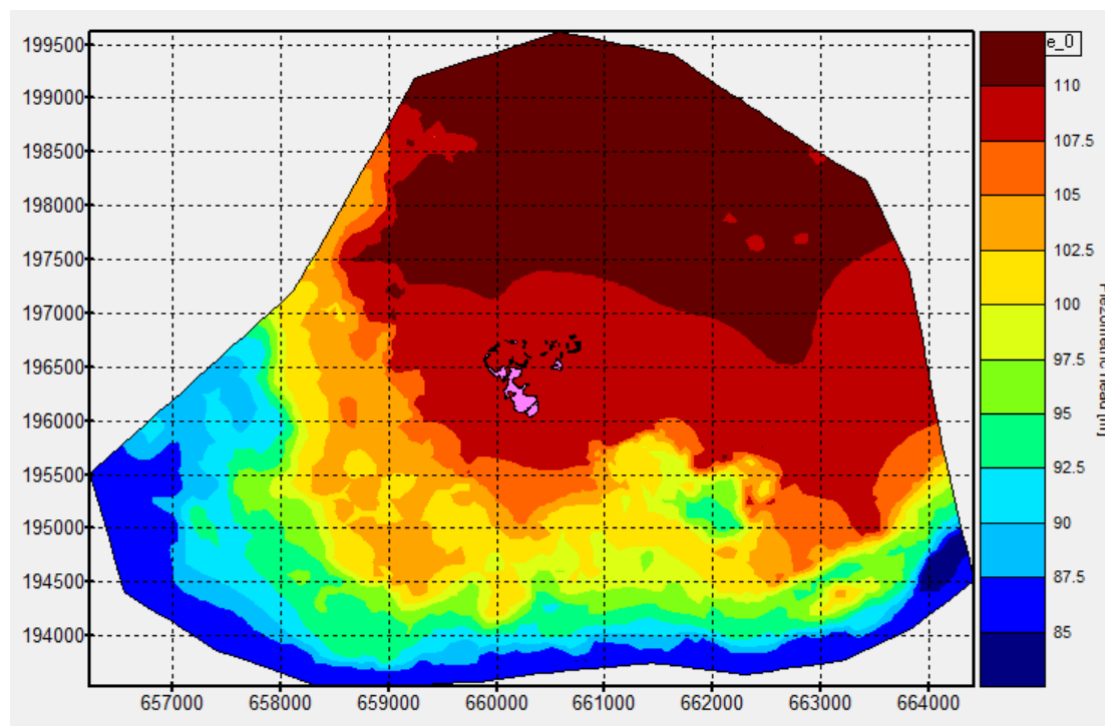
Uz modeļapgabala virsmas tika uzdota konstanta infiltrācija – $I=\alpha p$, kur p ir 2016.gada nokrišņu daudzums – 705 mm/g vai 1,93 mm/d.

Vienīgais kalibrācijas parametrs ir koeficients $\alpha=3.55\%$.

3.3. Modeļaprēķini

3.3.1. Bāzes variants

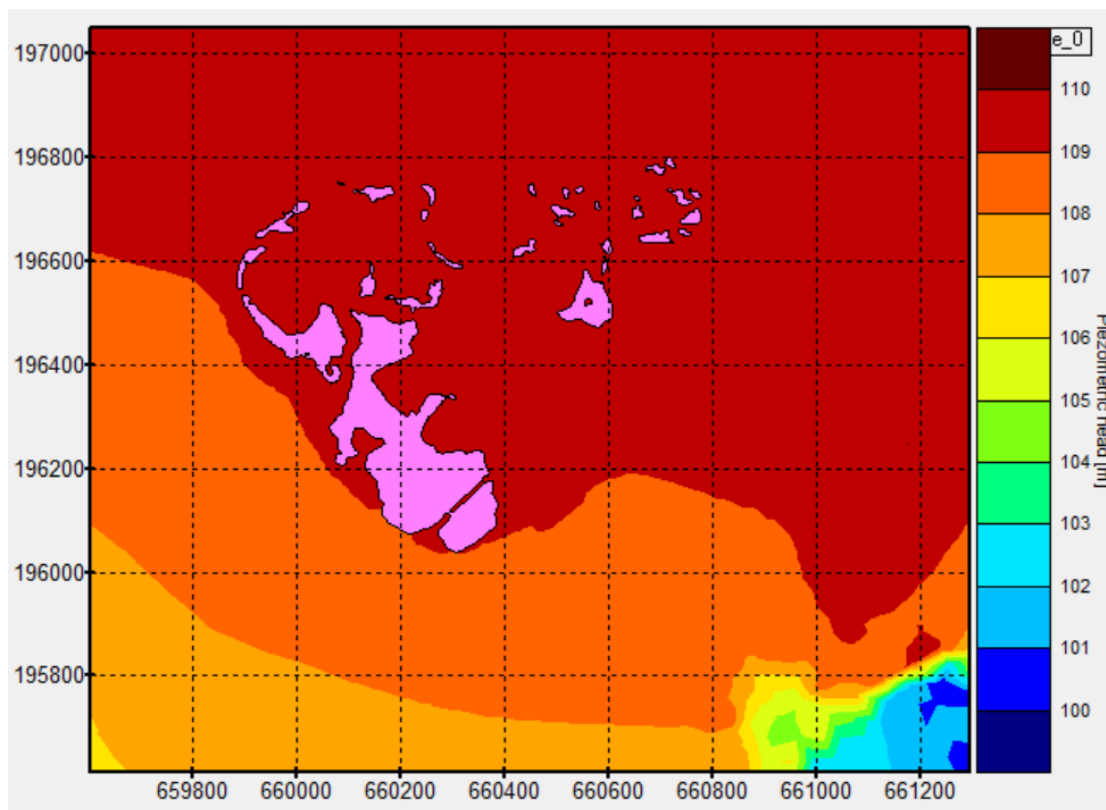
Par bāzes variantu aplūkosim kalibrācijas aprēķinu, kas atbilst 2016.gada situācijai.



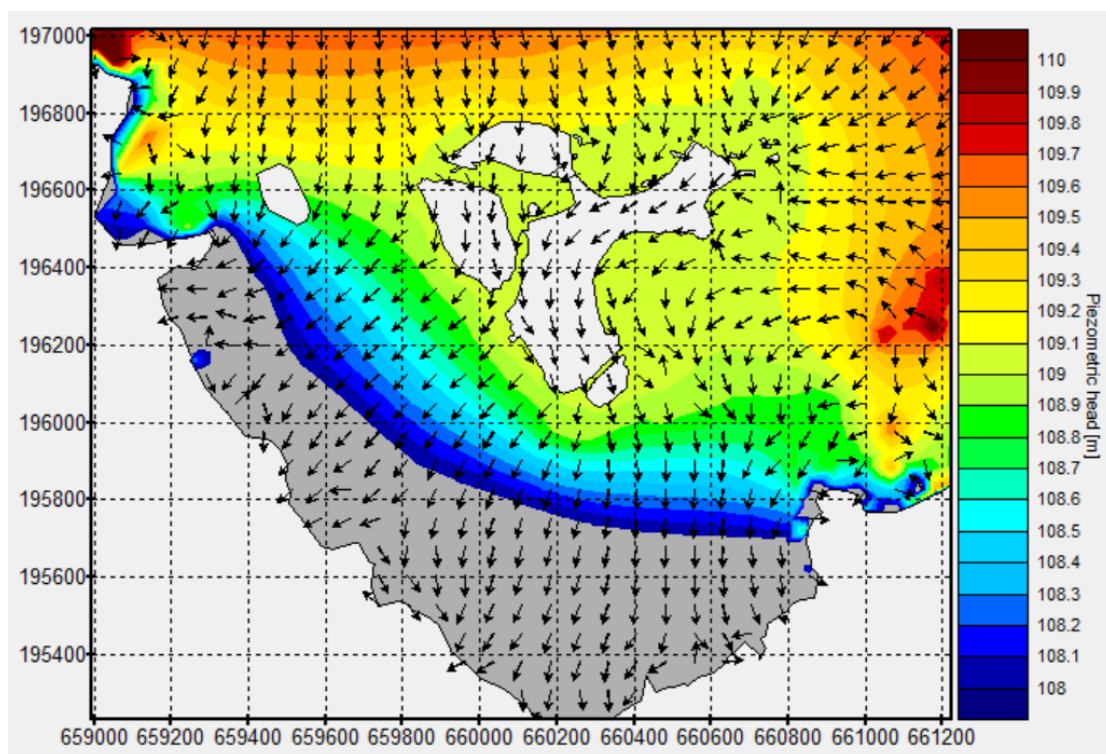
Attēls 24. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums visā modeļapgabalā ūdensvadošajā horizontā. Bāzes variants.

Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums ūdensvadošajā bezspiediena horizontā attēlā 24 parādīts visā modeļapgabalā, bet attēlā 25 – tiešā Gubišces ezera tuvumā. Šajos attēlos redzams, ka Gubišces ezers atrodas relatīvi vienmērīgā PZŪL apgabalā ar gruntsūdens līmeni 107,5-110,0 m.

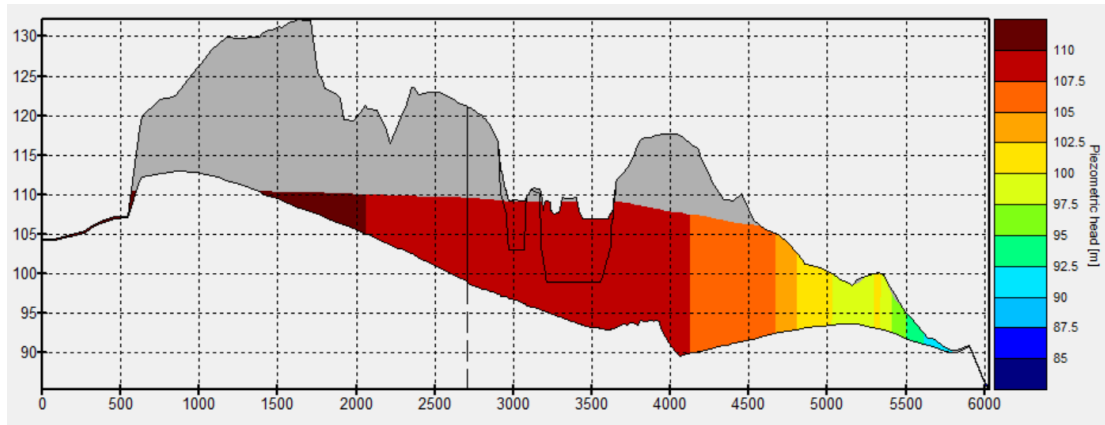
Pjezometriskā ūdenslīmeņa gradients nosaka gruntsūdens plūsmu virzienu. Attēlā 26 parādīts PZŪL un gruntsūdeņu plūsmas virziens horizontālā griezumā 108,0 m augstuma atzīmē. Šajā attēla ar pelēku krāsu iezīmēta ūdensnepiesātinātās zonas robeža 108 m augstuma atzīmē. Attēlā redzams, ka gruntsūdeņu pieplūdums ezerā notiek no Z-ZA puses, bet ūdens aizplūst no ezera D-DR virzienos. Šāds secinājums atbilst novērotajiem pazemes ūdens plūsmu virzieniem visos urbumu pāros E1-U1, E2-U2,..., E5-U5, GeoExpert (2017). Atzīmēsim, ka gar ezera austrumu krastu izolējošā kūdras-sapropela slāņa dēļ filtrācija ir vērsta nevis tieši prom no ezera, bet aptuveni paralēli tā krastam uz dienvidiem.



Attēls 25. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums ūdensvadošajā horizontā Gubišces ezera apkārtnē. Bāzes variants.



Attēls 26. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums un gruntsūdeņu plūsmas virziens horizontālā griezumā 108,0 m augstuma atzīmē Gubišces ezera apkārtnē. Bāzes variants.

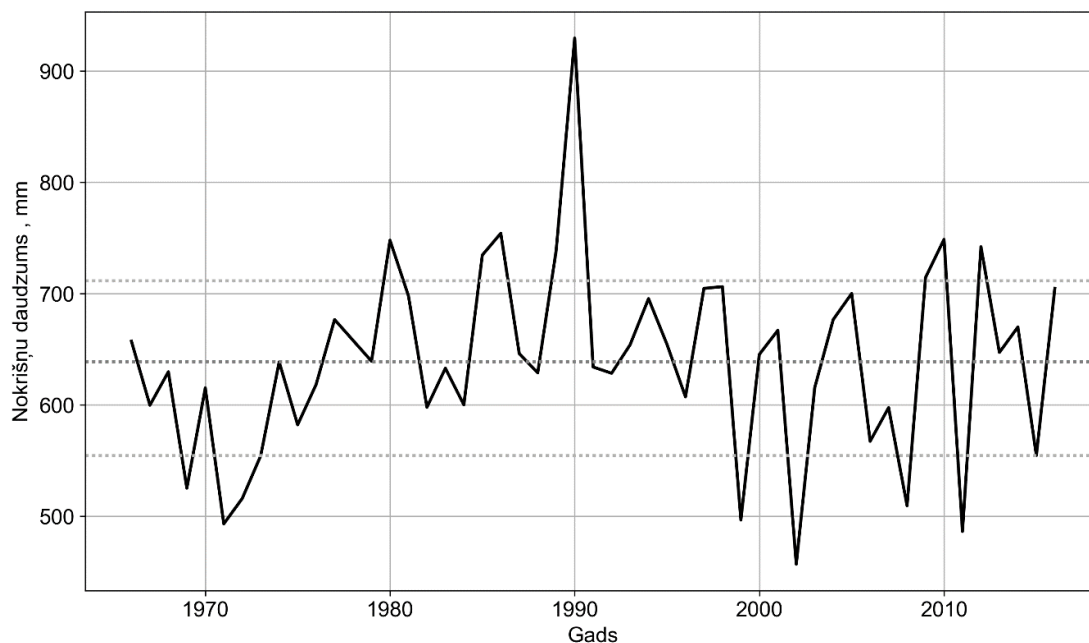


Attēls 27. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums vertikālā griezumā pa attēlā 23 parādīto līniju no Stropu ezera (pa kreisi) uz Daugavu (pa labi) pār Gubiščas ezeru. Bāzes variants.

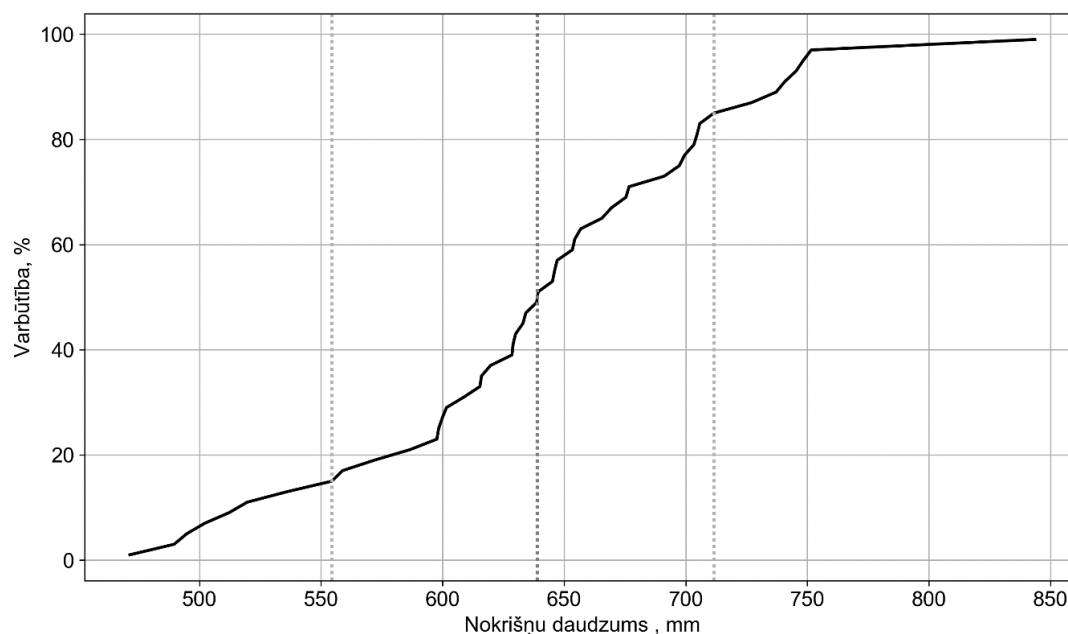
Attēlā 27 parādīts pjezometriskais ūdenslīmenis un gruntsūdeņu brīvās virsmas stāvoklis vertikālā griezumā no Stropu ezera uz Daugavu pāri Gubiščas ezeram. Šajā griezumā var noteikt aprēķināto Gubiščas ezera ūdenslīmeni 109 m. No attēla ir redzams, ka (1) Stropu ezers ir izolēts no gruntsūdeņu plūsmas mūs interesējošā apgabalā; (2) gruntsūdeņu virsmas gradients uz ZA no Gubiščas ezera ir lēzenāks nekā virzienā uz Dienvidiem (Daugavas ieleju). Pēdējais rezultāts ir izskaidrojams ar to, ka sapropeļa un kūdras nogulumu zem Gubiščas ezera daļēji bloķē gruntsūdens plūsmu.

3.3.2. Mazūdens gadi

Modelis ir kalibrēts nokrišņiem bagātajam 2016. gadam. Aplūkojot nokrišņu daudzumus Daugavpilī laika periodam 1965.-2016.gg., var konstatēt (attēli 28-29), ka mediānas nokrišņu daudzums (50-ā percentile) ir 639 mm, 85-ā percentile (nokrišņu daudzums, kas tiek pārsniegts tikai 15% no gadiem) ir 712 mm, bet 15-ā percentile (nokrišņu daudzums, kas tiek pārsniegts 85% no gadiem) ir 554 mm.



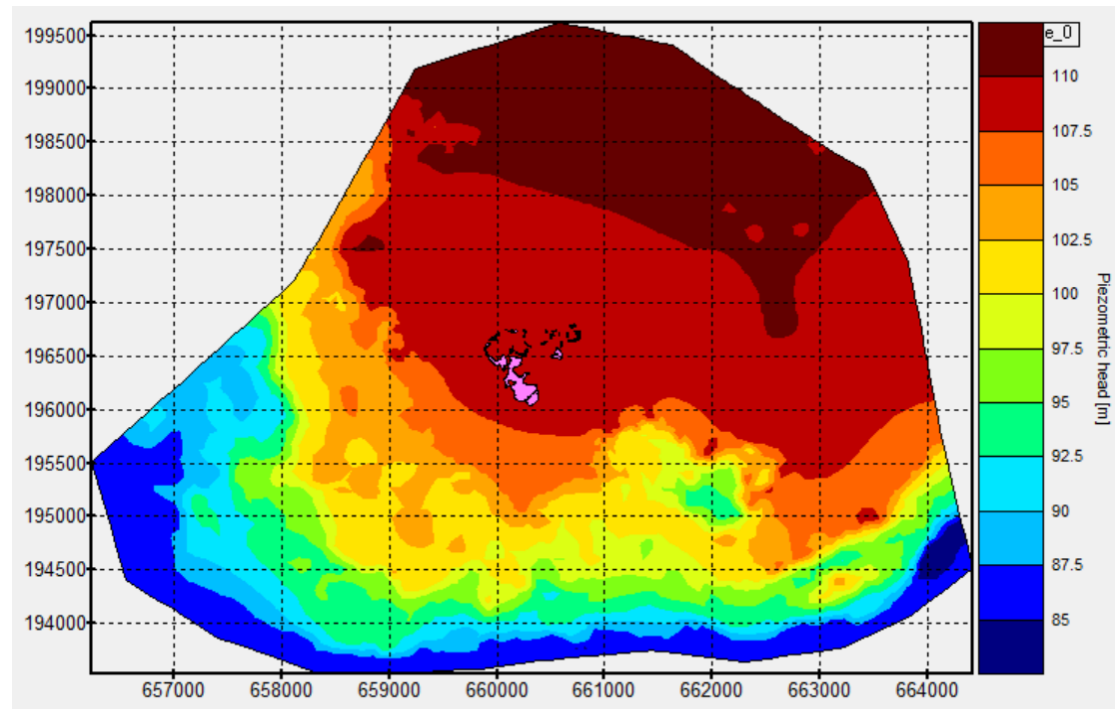
Attēls 28. Ikgadējais nokrišņu daudzums Daugavpilī laika periodam 1965-2016.gg.



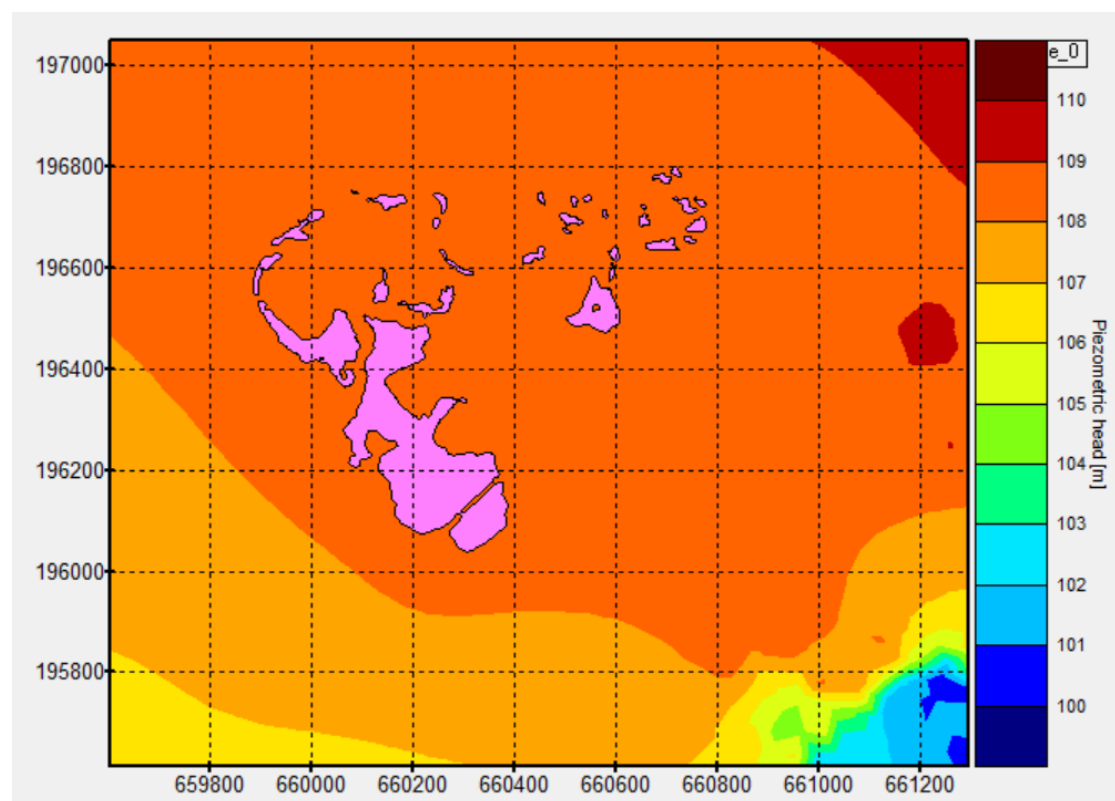
Attēls 29. Ikgadējā nokrišņu daudzuma kumulatīvā pietiekamības līkne Daugavpilij.

Aprēķinu rezultāti nokrišņiem bagātam gadam ir sniegti sadaļā 3.3.2, tādēļ tos šeit neatkārtosim. Aplūkosim stacionārus aprēķinus, kas veikti mazūdens gadiem – 50% un 15% nokrišņu percentilei. Interpretējot šos rezultātus, jāņem vērā, ka

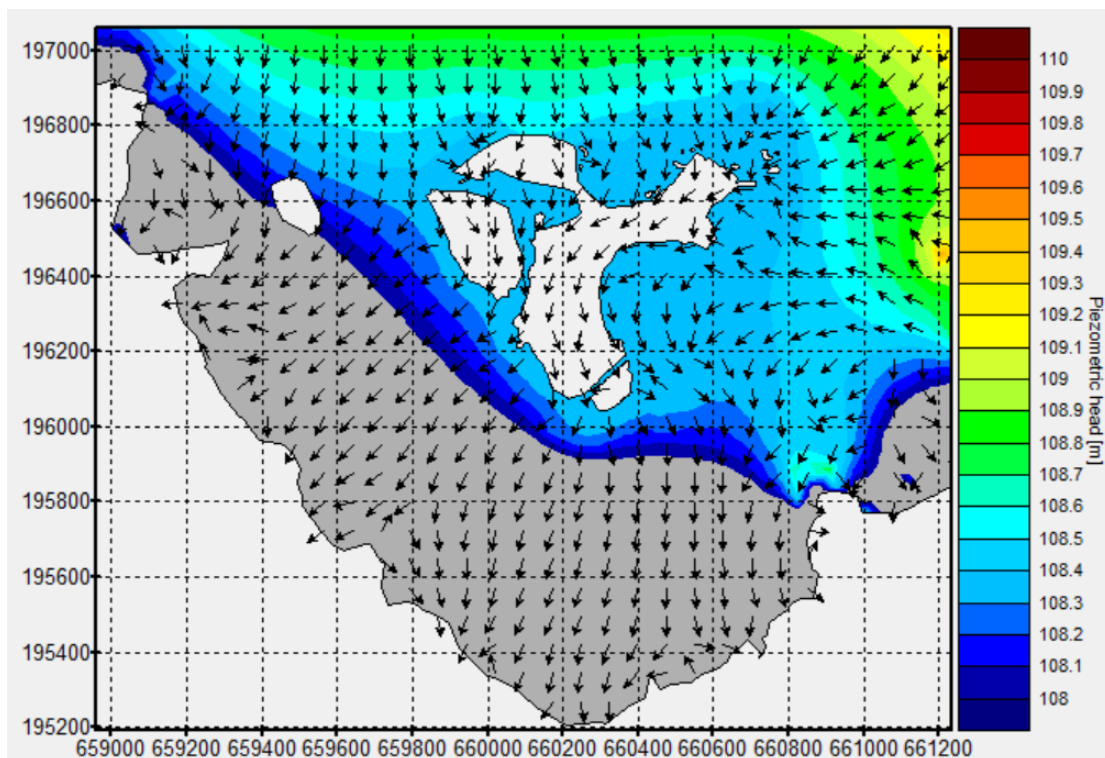
hidroģeoloģiskā modelēšana tiek veikta stacionārai situācijai, tātad nevis vienam gadam, bet ilgstošam (orientējoši 5-10 gadu garam) sausuma periodam.



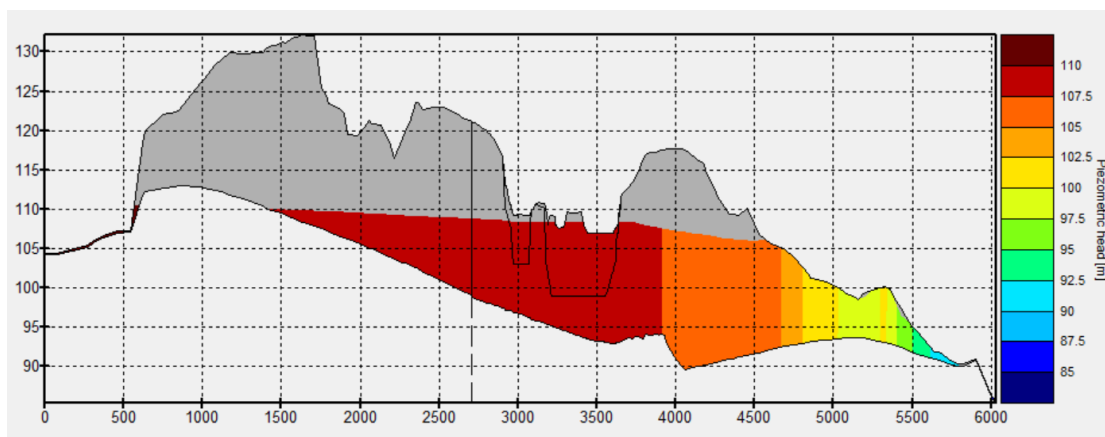
Attēls 30. Piezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums visa modeļapgabalā ūdensvadošajā horizontā. 50% nokrišņu situācija.



Attēls 31. Piezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums ūdensvadošajā horizontā Gubišces ezera apkārtnē. 50% nokrišņu situācija.



Attēls 32. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums un gruntsūdeņu plūsmas virziens horizontālā griezumā 108,0 m augstuma atzīmē Gubišes ezera apkārtnē. 50% nokrišņu situācija.



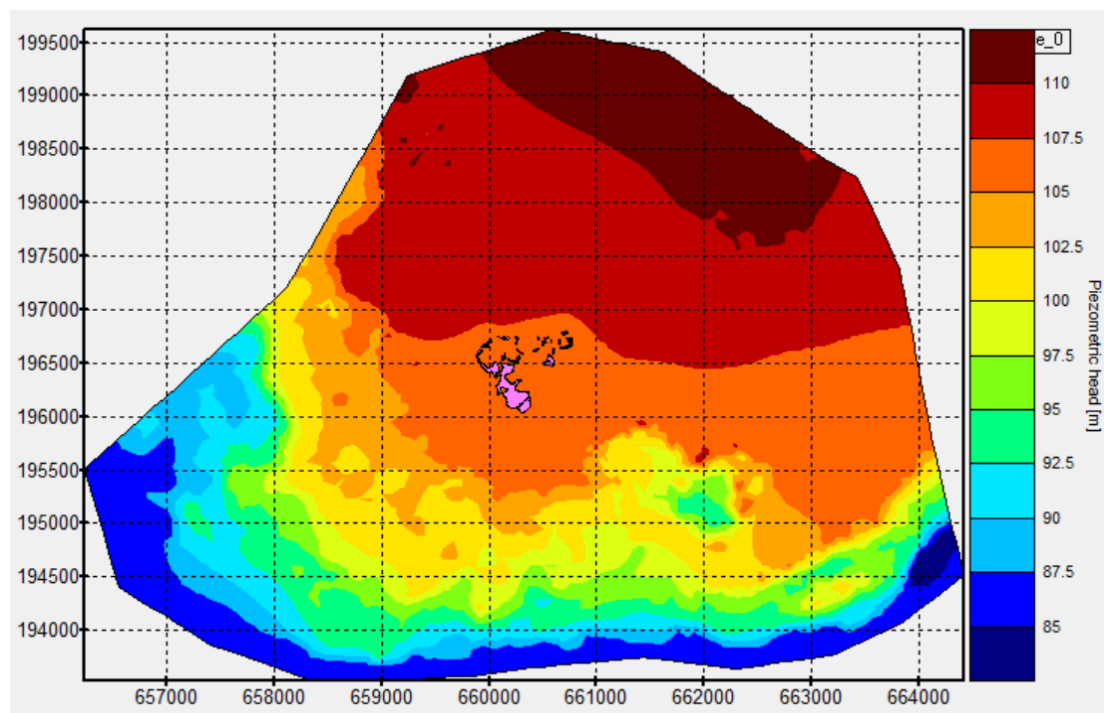
Attēls 33. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums vertikālā griezumā pa attēlā 23 parādīto līniju no Stropu ezera (pa kreisi) uz Daugavu (pa labi) pār Gubišes ezeru. 50% nokrišņu situācija.

Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums 50-percentiles nokrišņu gadījumā ūdensvadošajā horizontā attēlā 30 parādīts visā modeļapgabalā, bet attēlā 31 – tiešā Gubišes ezera tuvumā (salīdzināt ar attēliem 24-25). Šajos attēlos redzams PZŪL kopējais samazinājums.

Attēlā 32 (salīdzināt ar attēlu 26) parādīts PZŪL un gruntsūdeņu plūsmas virziens horizontālā griezumā 108,0 m augstuma atzīmē. Šajā attēlā ar pelēku krāsu iezīmēta ūdensnepiesātinātās zonas robeža 108 m augstuma atzīmē. Attēlā redzams, ka

ūdensnepiesātinātā zona atrodas vien 150-200 metrus no, attiecīgi, ezera dienvidu un austruma krasta.

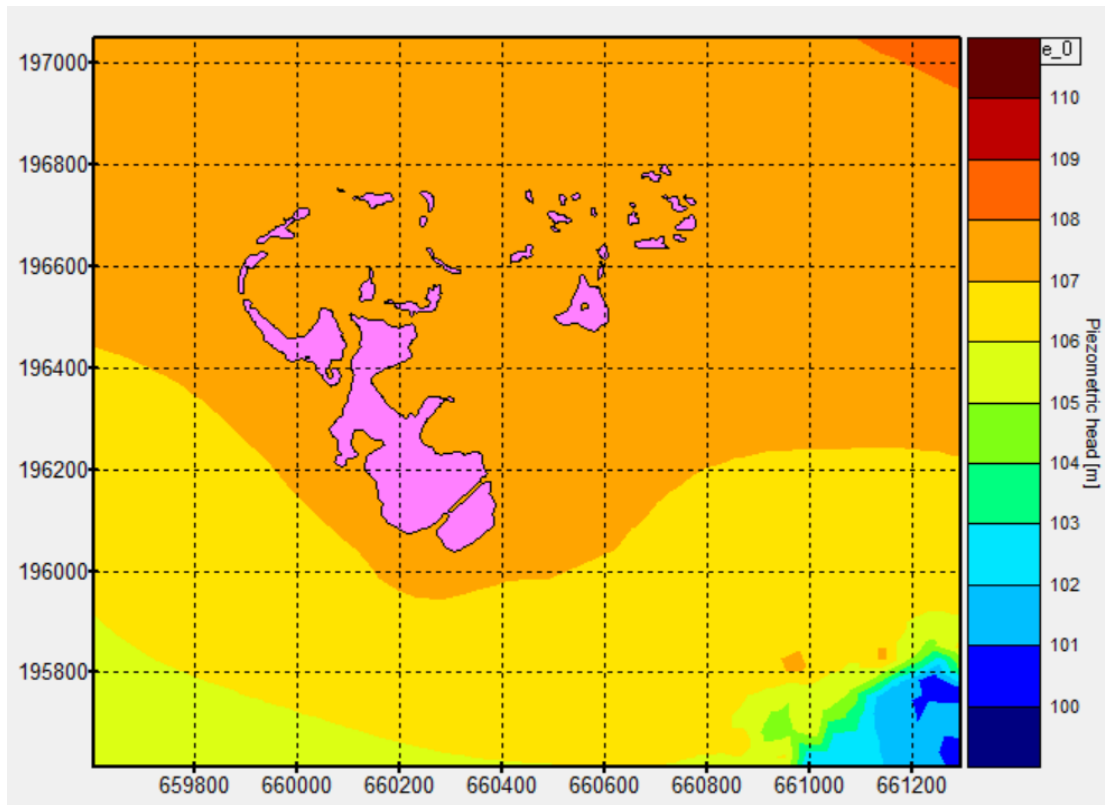
Attēlā 33 (salīdzināt ar attēlu 27) parādīts pjezometriskais ūdenslīmenis un gruntsūdeņu brīvās virsmas stāvoklis vertikālā griezumā no Stropu ezera uz Daugavu pāri Gubišces ezeram. Šajā griezumā var noteikt aprēķināto Gubišces ezera ūdenslīmeni, kas no 109,0 m bāzes variantā ir samazinājies līdz 108.3 m.



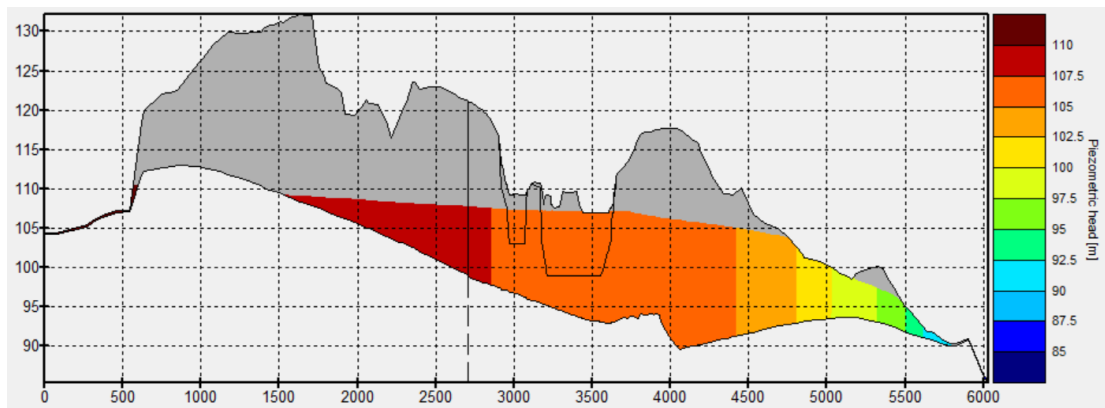
Attēls 34. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums visa modeļapgabalā ūdensvadošajā horizontā. 15% nokrišņu situācija.

Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums 15-percentiles nokrišņu gadījumā ūdensvadošajā horizontā attēlā 34 parādīts visā modeļapgabalā, bet attēlā 35 – tiešā Gubišces ezera tuvumā (salīdzināt ar attēliem 24-25 un 30-31). Šajos attēlos redzams tālāks PZŪL kopējais samazinājums, ezerā tiešā apkārtņē gruntsūdeņu līmeņi samazinās līdz 107-108 m atzīmei. Līdz ar to horizontālā griezumā 108,0 m augstuma atzīmē ir ūdensnepiesātinātā zona

Attēlā 36 (salīdzināt ar attēliem 27 un 33) parādīts pjezometriskais ūdenslīmenis un gruntsūdeņu brīvās virsmas stāvoklis vertikālā griezumā no Stropu ezera uz Daugavu pāri Gubišces ezeram. Šis griezumā parāda, ka ilgstoša sausuma rezultātā Gubišces ezers izzūd – gruntsūdens līmeņi tā gultnē nokrītas līdz 107,2 m.



Attēls 35. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums ūdensvadošajā horizontā Gubišcs ezera apkārtnē. 15% nokrišņu situācija.



Attēls 36. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums vertikālā griezumā pa attēlā 23 parādīto līniju no Stropu ezera (pa kreisi) uz Daugavu (pa labi) pār Gubišcs ezeru. 15% nokrišņu situācija.

3.3.3. Ezera padziļināšanas efekts

Aplūkosim situāciju, ja no ezera gultnes tiek daļēji izņemts kūdras (un/vai sapropeļa) slānis. Veiktie modeļaprēķini neparādīja ezera ūdenslīmeņa atšķirības.

Tas ir izskaidrojams ar to, ka vienlaicīgi tika palielināts ūdens pieplūdums no Z/ZA daļas un ūdens aizplūšana uz D/DR no ezera.

Tomēr šāds rezultāts jāuzskata par “teorētisku”. Praksē ir grūti nodrošināt vienādu kūdras un sapropeļa materiāla izņemšanu visā ezera laukumā, kā arī vienādu hidroizolējošā slāņa atstāšanu ezera gultnē.

No ezera ūdenslīmeņa paaugstināšanas viedokļa būtu jāpalielina tā gultnes (it īpaši krasta zonā, kur kūdras/sapropeļa slānis ir visplānākais) caurlaidība ezera ziemeļu-ziemeļaustrumu daļā, bet jāsamazina – dienvidu-dienvidrietumu-rietumu krastā.

4. SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS

Veiktie lauka darbi, izveidotie un pielietotie matemātiskie modeļi ļauj izdarīt sekojošus secinājumus par Gubišces ezera hidroloģisko un hidroģeoloģisko režīmu:

1. Beznoteces Gubišces ezers novietots ar kūdras un sapropeļa nogulumiem daļēji pildītā reljefa padziļinājumā.
2. Ezerdobei apkārt esošais un pagulošais ūdensvadošais kvartāra (smilšu) bezspiediena horizonts barojas no nokrišņu (tai skaitā sniega kušanas) ūdeņiem lokālajās augstienēs; tas ir atsaistīts no dziļākiem ūdensnesošajiem horizontiem ar morēnas sprotslāni.
3. Ezera notece notiek gruntsūdeņu filtrācijas ceļā; tā ir relatīvi lēna pie zema ezera ūdenslīmeņa kūdras/sapropeļa zemās caurlaidības dēļ. Filtrācija prom no ezera būtiski pieaug, paaugstinoties ezera ūdenslīmenim, kad tā ūdens spogulis pārsniedz kūdras iegulu apgabalu un iespējama tieša infiltrācija smiltīs.
4. Pazemes ūdens plūsmas ezera apkārtnē ir vērstas no Z/ZA uz D/DR – uz Daugavas ieleju.
5. Ezera gultnes (108 m) līmenī gruntsūdeņu ūdensnepiesātinātās zonas attālums no ezera krasta ūdeņiem bagātos gados ir 300-600 m, bet mazūdens gados tas samazinās līdz 150-200 m.
6. Ezera ūdenslīmenim ir raksturīga gan starpgadu, gan sezonāla dabiskā mainība. To pamata nosaka nokrišņu daudzums, taču ietekmē arī gaisa temperatūra (iztvaikošana) un apaugums (transpirācija).

Rekomendācijas ezera apsaimniekošanai un ūdenslīmeņa paaugstināšanai ezerā.

1. Ezers barojas ar seklo pazemes ūdeņu plūsmu no Z/ZA. Tajā neietek ūdensteces (izņemot lokālu drenāžu, kas nespēlē lomu ūdens bilanci). Tādēļ nav iespēju palielināt ūdens pieteci ezerā.
2. Ezeram nav virszemes noteces. Tādēļ nav iespējams tieši samazināt vai regulēt ezera noteci.
3. Ezera ūdenslīmeņa uzturēšanā kritiska ir tā dibennogulumu pretfiltrācijas spēja, jo īpaši tā D un DR krastu tuvumā. Kūdras un sapropeļa slāņa izņemšana (krasta zonas padziļināšana gultnes tīrīšanas rezultātā) var izraisīt divu veidu negatīvas sekas:
 - a. Promejošās filtrācijas pastiprināšanos. Sagaidāms, ka pēc gultnes tīrīšanas ezera ūdenslīmenis nostāsies uz ar kūdras un sapropeli pārklātās gultnes daļas robežas.
 - b. Starpgadu un sezonālā ūdenslīmeņa mainības pastiprināšanās.

4. Kaut arī šāda rekomendācija ir ārpus šī Līguma uzdevumiem un Izpildītāja kompetences, var rekomendēt ezera Dienvidu un Dienvidaustrumu krastā ierīkot atpūtas rekreācijas zonu. Šādā gadījumā būtu nepieciešams:
 - a. Nodrošināt paredzamās darbības zonas pamatnes pārklājumu ar dabīgu vai mākslīgu hidroizolējošu slāni, kas samazinātu infiltrāciju.
 - b. Virs hidroizolējošā slāņa būtu iespējams uzbūvēt rekreācijai atbilstošu smilšu kārtu.

LITERATŪRA

J.G.Arnold, J.R.Kiniry, R.Srinivasan, J.R.Williams, E.B.Haney, S.L.Neitsch (2012). Soil and Water Assessment Tool. Input/Output Documentation. Version 2012. Texas Water Resources Institute, TR-439.

GeoExpert (2017). Gubišces ezera hidroģeoloģiskā izpēte. SIA "GeoExpert", Rīga, Aprīlis, 2017.

Juškevičs Valdis u.c. (2003) Latvijas ģeoloģiskā karte 1 : 200 000. Paskaidrojuma raksts [Grāmata]. - Rīga : Valsts Ģeoloģijas dienests, 2003.

PAIC (2002). HiFiGeo v.3.5 for Windows 95/98/2000/NT/XP. Lietotāja rokasgrāmata. SIA „Procesu analīzes un izpētes centrs”.

PAIC (2014). Renewal of SWAT model data and parameters. Project ID Nr.141278 “Update of River basin management plans for Lithuania”. Interim report. SIA „Procesu analīzes un izpētes centrs”, Apr/Jun-2014.

PAIC (2014a). Calibration of SWAT model. Project ID Nr.141278 “Update of River basin management plans for Lithuania”. Interim report. SIA „Procesu analīzes un izpētes centrs”, Oct-2014.