

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE

Meža un ūdens resursu zinātniskā laboratorija

ŠIFRS: MURZL07/2019

TI 2019/23

Hidroloģiskā modeļa izstrāde Tāšu ezeram Grobiņas novadā

Izstrādāja: Pētniece – hidroloģe Inga Grīnfelde.....
Zinātniskā asistente Paula Eihe.....
Zinātniskā asistente Lāsma Lūcija Vēbere.....

Jelgava 2020

Satura rādītājs

Darba uzdevums.....	3
Ievads	4
1. Esošā hidroloģiskā stāvokļa uzmērīšana, datu apstrāde un aprēķini 6	
1. 1. Tāšu ezera sateces baseina raksturojums	6
1. 2. Tāšu ezera hidroloģiskā režīma raksturojums.....	8
1. 3. Ilgtermiņa un sezonālo ūdenslīmeņa izmaiņu raksturs un ietekmējošie faktori Tāšu ezerā.....	10
1. 4. Ūdens dziļuma un dūņu slāņa mērījumu rezultāti Tāšu ezerā.....	14
1. 5. Konceptuālā hidroloģiskā modeļa METQ uzbūve	19
1. 6. Tāšu ezera hidroloģiskais raksturojums un aprēķini	35
2. Sākotnējās prognozes rezultātu potenciālā ietekme uz dabas vērtībām un saimniecisko darbību	53
3. Pasākumi Tāšu ezera hidroloģiskā režīma uzlabošanai/optimizēšanai	
57	
3.1.Caurtekas-regulatora ieteicamie parametri	57
3.2.Caurtekas-regulatora rekonstrukcijas vai pārbūves nepieciešamību	59
3.3.Prognozēt nākotnes scenāriju ūdens līmeņa izmaiņām.....	61
3.4.Papildus ūdens regulēšanas hidrobūvju uzstādīšanas nepieciešamības izvērtējums.....	65
Secinājumi un priekšlikumi	65
Izmantotā literatūra un avoti	67

Darba uzdevums

1. Sākotnējā stāvokļa aprēķini

- a) noteikt Tāšu ezera sateces baseinu;
- b) raksturot hidroloģisko režīmu Tāšu ezerā;
- c) novērtēt ilgtermiņa un sezonālo ūdenslīmeņa izmaiņu raksturu un to ietekmējošos faktorus;
- d) veikt ūdens dziļuma uzmērīšanu Tāšu ezerā;
- e) izstrādāt sākotnējās ūdens līmeņa potenciālo izmaiņu prognozes, ņemot vērā esošo hidrotehnisko būvju tehnisko stāvokli atšķirīgos hidrometeoroloģiskajos apstākļos;
- f) sagatavot hidroloģiskos aprēķinus, ņemot vērā tehniskos pasākumus, kas būtu īstenojami dabas lieguma teritorijā.

2. Apkopot informāciju par sākotnējās prognozes rezultātu potenciālo ietekmi uz dabas vērtībām un saimniecisko darbību

3. Noteikt pasākumus hidroloģiskā režīma uzlabošanai/optimizēšanai Tāšu ezerā

- a) Noteikt ieteicamos parametrus esošās caurtekas – regulatora darbībai;
- b) Izvērtēt esošā caurtekas – regulatora rekonstrukcijas vai pārbūves nepieciešamību;
- c) definēt, kādus ūdens līmeņus nepieciešams uzturēt ezerā atšķirīgos hidrometeoroloģiskajos apstākļos;
- d) izvērtēt papildus ūdens regulēšanas iekārtu uzstādīšanas nepieciešamību.

Ievads

Esošā situācija

Tāšu ezers atrodas Grobiņas novada Medzes pagasta administratīvajā teritorijā. Ezers, tāpat kā upe ir atvērta ekosistēma, kas nozīmē, ka virszemes ūdens noteces dēļ tas ir saistīts ar plašām apkārtējām teritorijām. Kopā ar sateces baseina ūdeņiem, ezerā nonāk augu barības vielas, ko izmanto ezerā dzīvojošie organismi – augi, dzīvnieki, baktērijas. Ezerā notiekošie procesi ir atkarīgi no tajā esošā barības vielu – ūdenī izšķīdušo neorganisko vielu, galvenokārt, fosfora un slāpekļa savienojumu – daudzuma (Urtāne, 2014).

Tāšu ezera sateces baseinā lielu platību aizņem lauksaimniecībā izmantojamās zemes. Intensīva saimnieciskā darbība ezera sateces baseinā veicina strauju, dabiskiem apjomiem neatbilstošu barības vielu uzkrāšanos ezeros, Barības vielām pastiprināti uzkrājoties, ezera centrālajā daļā savairojas aļģes un veidojas nogulumu. Savukārt ezera piekrastes daļā savairojas ūdensaugi, veidojas dūņu slānis (Urtāne, 2014).

Šādi procesi novērojami arī Tāšu ezerā, jo ezera piekrastes ir stipri aizaugušas (skat. 1. attēlu) un ezerā ir izveidojušās peldošās salas (skat. 2. attēlu), kuras liecina par eutrofikācijas procesa attīstību. Tāšu ezerā ir izveidojies arī līdz 6 metru biezs dūņu slānis.



1. attēls. **Aizaugusī piekrastes josla Tāšu ezerā** (*Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.*)



2. attēls. **Ūdensaugu peldošās salas** (*Avots: no: personīgā arhīva, 25.07.2019.*)

Šobrīd ar caurtekas – regulatora palīdzību Tāšu ezerā tiek uzstādīnāts ūdens līmenis ~18,00m (LAS-2000,5). Ar šādu ūdens līmeni tiek radīti pārliedza mitruma

apstākļi augšpus ezeram esošajā teritorijā ~259 ha lielā platībā. Par pārlietajiem mitruma apstākļiem ezeram piegulošajās teritorijās liecina nokaltušie koki un krūmi ezera piekrastē (skat. 3. attēlu).



3. attēls. **Pārlieta mitruma apstākļos nokaltušie koki Tāšu ezera piekrastē** (*Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.*)

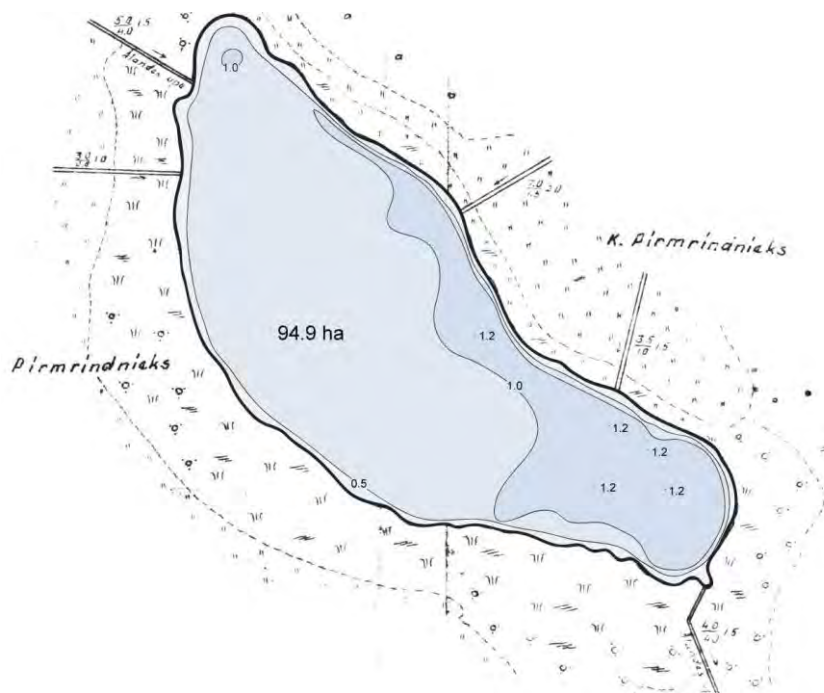
Ņemot vērā esošo situāciju, Tāšu ezera teritorijā ir nepieciešams izstrādāt Tāšu ezera hidroloģisko modeli, lai novērtētu ezera sateces baseina hidroloģiskā režīma izmaiņu ietekmi uz dabas vērtībām dabas liegumā “Tāšu ezers”.

1. Esošā hidroloģiskā stāvokļa uzmērīšana, datu apstrāde un aprēķini

1. 1. Tāšu ezera sateces baseina raksturojums

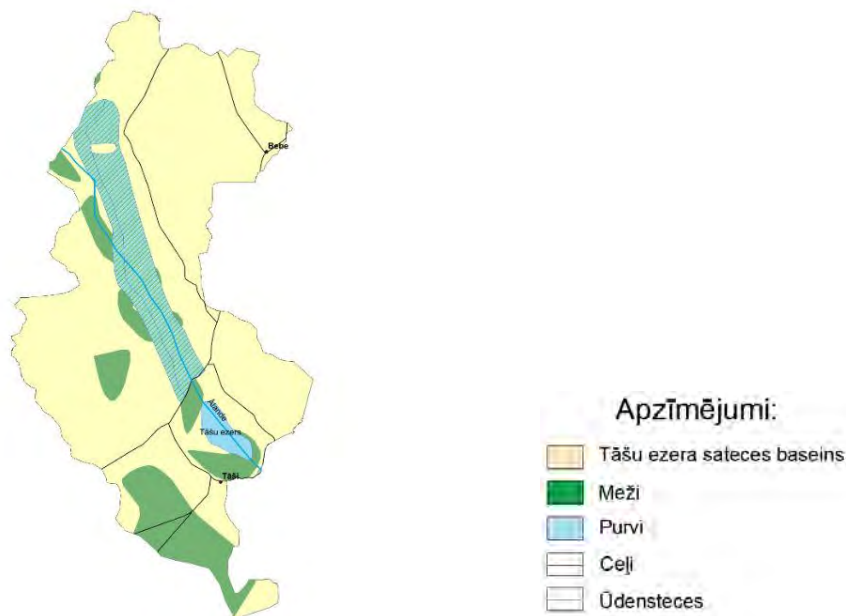
Tāšu ezers atrodas Rietumkursas augstienes Vārtājas viļņotajā līdzenumā Ālandes senlejā. Pēc Ūdens saimniecisko iecirkņu klasifikatora (ŪSIK) Tāšu ezera sateces baseins ietilpst Ventas upes lielbaseinā. Apkopojot dažādus kartogrāfiskos materiālus un citus avotus, veikta Tāšu ezera sateces baseina izpēte un analīze.

Pēc enciklopēdijas “Latvijas Daba” datiem pie normālā ūdens līmeņa (NŪL) Tāšu ezera spoguļvirsmas platība ir 94.9 ha. Tāšu ezera garums ir 1.9 km, lielākais platums – 0.7 km. Ezera vidējais dziļums ir 1.0 metri, lielākais dziļums 1.2 metri (skat. 4. attēlu).



4. attēls. Tāšu ezera dziļumu karte (Avots: <https://www.ezeri.lv/database/2304/>).

Tāšu ezera sateces baseina laukums ir 76.4 km². Ezers atrodas garenā sauszemes padziļinājumā - ezerdobē, kas orientēta ZR – DA virzienā. Tāšu ezers ir eitrofs. Eitrofajos ezeros ūdenī ir maz skābekļa, īpaši gultnei tuvākajos slāņos. Šāda tipa ezeri ir barības vielām bagāti un bagāts ir arī to planktons. Ezera dibenā ir akumulējie biezis dūņu un sapropeļa slānis līdz pat 6 metru dziļumam. Tā krasti ir slīpi vai lēzeni, savukārt ezera galos zemi un piekrastē ir labi attīstīta augu sega. No



6. attēls. Tāšu ezera sateces baseins pēc datu analīzes datorprogrammas ArcGIS datiem
(Avots: autora sastādīts)

Šādas atšķirības starp ezera sateces baseina laukumu lielumiem var rasties pieejamo datu precizitātes dēļ, kā arī tāpēc ka, Meliorācijas kadastra informācijas sistēmā sateces baseina laukumā tiek ievērtēta meliorācijas sistēmu darbība, savukārt veicot datu analīzi datorprogrammā ArcGIS šādi dati nebija pieejami tādēļ meliorācijas sistēmas nav ņemtas vērā.

1. 2. Tāšu ezera hidroloģiskā režīma raksturojums

Tāšu ezers ir lagūnas tipa ezers, tas līdzinās citiem šāda veida ezeriem jūras piekrastē, kas veidojušies Litorīnas jūras atkāpšanās rezultātā vai arī kā paliekas no aizsprostotām jūras piekrastes lagūnām (Urtāne, 2014).

Tāšu ezera hidroloģiskais režīms ir caurtekošs. Saskaņā ar LR Zemkopības ministrijas Meliorācijas kadastra informācijas sistēmas datiem, ezerā ietek un iztek valsts nozīmes ūdensnoteka Ālandes upe (ŪSIK 3422:01), Zoņu grāvis (ŪSIK 34229:01) un vairāki meliorācijas grāvji (ŪSIK 34229:06, 34229:31, 34229:83, 34229:105). Ietekošās un iztekošās ūdensteces Tāšu ezerā attēlotas 7. attēlā.



7. attēls. Ietekošās un iztekošās ūdensteces Tāšu ezerā (Avots: autora sastādīts)

Tāšu ezers ir viens no tiem ezeriem, kurā ūdens līmenis tiek regulēts līdzīgi kā ūdenskrātuvēs. Galvenā hidroloģiskā režīma atšķirība starp regulētu un neregulētu ezeru režīmu ir iespēja līmeņus un caurplūdumus, atbilstoši regulējošo hidrotehniko būvju tehniskajām iespējām un ekspluatācijas noteikumiem, mainīt, sasniedzot izvirzīto mērķi. Tāšu ezerā ūdens līmenis tiek regulēts, lai stabilizētu ūdens līmeni ar nolūku radīt piemērotus apstākļus zivju attīstībai. Ezera ūdens bilance, viļņi, termiskais un ledus režīms parasti būtiski neatšķiras no šīm parādībām ezeros, tomēr Latvijas klimatiskajos apstākļos ir jāreķinās ar to, ka ūdenskrātuves augštecē var veidoties ļoti sarežģīti ledus apstākļi, ierīkojot lielāku uzstādinājumu ūdenskrātuvēs. Pirmā aizsalst ūdenskrātuve, kādu laiku pēc tās aizsalšanas upes posms augšpus ūdenskrātuvei ir bez ledus. Šeit, pieturoties zemām gaisa temperatūrām un pietiekoši lielam plūsmas ātrumam, sāk veidoties vižņi – ledus kristāli ūdens plūsmas iekšienē -, kas uzkrājas un sablīvējas pie ledus malas ūdenskrātuves augštecē. Vižņu blīvējums aizņem lielu daļu plūsmas aktīvā šķērsriezuma laukuma un pavasarī tas var radīt draudus nopietniem ledus sastrēgumiem un pieguļošo teritoriju applūdinājumiem (Zīverts, 2004).

Šāda situācija veidojas arī Tāšu ezerā, jo augšpus Tāšu ezeram atrodas 4.7 km garš Zoņu grāvis un aptuveni 4.5 km garš Ālandes upes posms, kas pavasaru palu laikā applūšina valsts autoceļa V1192 “Apriķi-Cīrava-Medze” brauktuve un ietekmēts ceļa segas tehniskais stāvoklis.

1.3. Ilgtermiņa un sezonālo ūdenslīmeņa izmaiņu raksturs un ietekmējošie faktori Tāšu ezerā

Tāšu ezerā ūdens līmenis ir atkarīgs no ietekošajām ūdenstecēm (Ālandes upe, Zoņu grāvis, meliorācijas grāvji), virszemes notecē no apkārtesošajām lauksaimniecības zemēm, kā arī ūdens līmeņa maksimālās regulēšanas ar caurteku – regulatoru.

Noteci un ūdens līmeni Tāšu ezera lejpusē nodrošina caurteka – regulators, kas izvietots uz pašvaldības ceļa un nodrošina ūdens līmeni aptuveni 18.00 m (LAS-2000.5) (skat. pielikumu). Šāds uzstādītais ūdens līmenis Tāšu ezerā rada palielinātu mitruma apstākļus augšpus ezeram esošajā teritorijā aptuveni 259 ha lielā platībā. Ūdens līmeņa ietekmētā teritorija nav apsaimniekojama. Pavasaru palu laikā ir novērota valsts autoceļa V1192 “Apriķi Cīrava-Medze” appludināšana, kas rada ceļa segas tehniskos bojājumus.

Veicot Tāšu ezera apsekošanu 2019. gada 25. jūlijā, novērota uzstādīnātā ūdens līmeņa ietekme apkārt esošajās teritorijās, kā ezera krastu aizaugšana biežā slānī ar ūdens augiem un teritorijā esošo koku nokalšana paaugstinātā mitruma apstākļos. Ezera ūdens līmeņa ietekme fiksēta 8. attēlā.



8. attēls. Tāšu ezera apkārtējā teritorija pie uzstādīnātā ūdenslīmeņa caurtekā – regulatorā (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)



9. attēls. **Nokaltuši koki Tāšu ezera apkārtējā teritorijā pie uzstādinātā ūdenslīmeņa caurtekā – regulatorā** (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)

Tāšu ezera augštecē esošajā Zoņu grāvī un Ālandes ietekā, kā arī caurplūdes nodrošināšanai izbūvētajās caurtekās, apsekošanas laikā 2019. gada 25. jūlijā novērots augsts ūdens līmenis, aizaugums un piesērējums, kas traucē caurteku darbību, tādējādi radot plūdu riskus ezeram piegulošajās teritorijās ne tikai pavasara palu un rudens periodā, bet arī vasaras mazūdens periodā. Esošā situācija vasaras veģetācijas periodā Zoņu grāvī redzama 10., 11. un 12. attēlā.



10. attēls. **Aizaugums Zoņu grāvī** (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)



11. attēls. Ūdens līmenis Zoņu grāvja caurtekā (augšpus) (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)



12. attēls. Ūdens līmenis Zoņu grāvja caurtekā (lejpus) (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)

Esošā situācija apekošanas laikā Ālandes ietekā redzama 13., 14., 15. un 16. attēlā.



13. attēls. Aizaugums Ālandes ietekā lejpus caurtekas (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)



14. attēls. Ūdens līmenis Ālandes ietekas caurtekā (lejpus) (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)



15. attēls. Aizaugums Ālandes ietekā augšpus caurtekas (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)



16. attēls. Ūdens līmenis Ālandes ietekas caurtekā (augšpus) (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)

Tāšu ezerā ūdens līmeni regulē izbūvētā caurteka – regulators, kas izvietots uz pašvaldības ceļa un nodrošina normālo ūdens līmeni ezerā aptuveni 18.00 m. Iepriekšējās nodaļās, pēc kartogrāfisko materiālu izpētes, kā arī ezera, tā apkārtnes un hidrotehnisko būvju apsekošanas, secināts, ka šāds uzstādītais ūdens līmenis rada palielināta mitruma apstākļus augšpus ezeram esošajā teritorijā aptuveni 259 ha lielā platībā. Uzstādīnātā līmeņa dēļ pavasara palu laikā ir novērota arī valsts autoceļa V1192 “Apriķi – Cīrava - Medze” appludināšana, kas rada ceļa segas tehniskos bojājumus.

Veiktie caurtekas – regulatora apsekojumi parādīti 1., 2., un 3. attēlā.



17. attēls. Caurteka – regulators ar aizbīdņiem (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)



18. attēls. Caurteka – regulators ar aizbīdņiem (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)



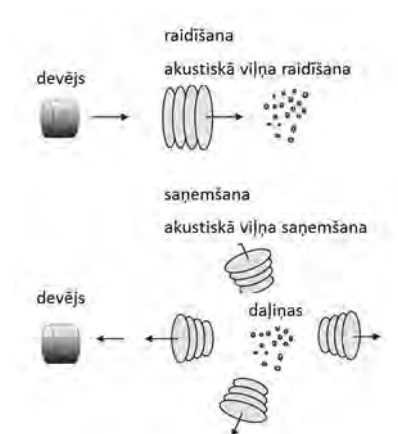
19. attēls. Ūdens līmeņa uzmērīšana ar latu caurtekā – regulatorā (Avots: no personīgā arhīva, 25.07.2019.)

1. 4. Ūdens dziļuma un dūņu slāņa mērījumu rezultāti Tāšu ezerā

Ūdens dziļuma un dūņu slāņa mērījumi Tāšu ezerā tika veikti izmantojot hidroakustisko straumes mērītāju RiverRay (skat. 20. attēlu), kura darbības princips ir balstīts uz skaņas izplatīšanu ar skaņas devējiem noteiktā frekvencē. Akustiskie devēji raida skaņas impulsu vai vilni, kas atstarojas pret cietajām daļiņām, kas ir izšķīdušas ūdenī (skat. 21. attēlu).



20. attēls.
Mērījumiem izmantotais hidroakustiskais straumes mērītājs RiverRay (Avots: no personīgā arhīva)



21. attēls.
Skaņas devēja radītā impulsa sadalījums (Simpson, 2002)

Atstarotais vilnis tiek sadalīts, jo daļiņu formas un lokālās kustības plūsmas ietekmē atstarojas atpakaļ tikai daļa no raidītā impulsa. Pēc impulsa sadalījuma atstarojoties, iegūst informāciju par daļiņu kustību, t.i., plūsmas parametriem ūdenstecē. Gultnes ģeometrija tiek iegūta kā atskaites lielums un ir par pamatu caurplūduma noteikšanai mērījuma programmatūrā.

Gadījumos, kad nepieciešams tikai zināt gultnes morfoloģiju (dziļumu, formu) un ūdens kustības vektorialo attēlojumu, nav nozīmes kādā virzienā tiek pārvietota iekārta. Ūdensteces gultnes zemūdens reljefa formas un to mainību var noteikt, veicot mērījumus ar akustisko dopleru vairākos šķēsgriezumos un veidojot gultnes reljefa kartogrāfisko attēlojumu. Mērījumiem ir jābūt veiktiem ar ģeodēzisko piesaisti absolūtajās augstuma atzīmēs (Kim et al., 2016).

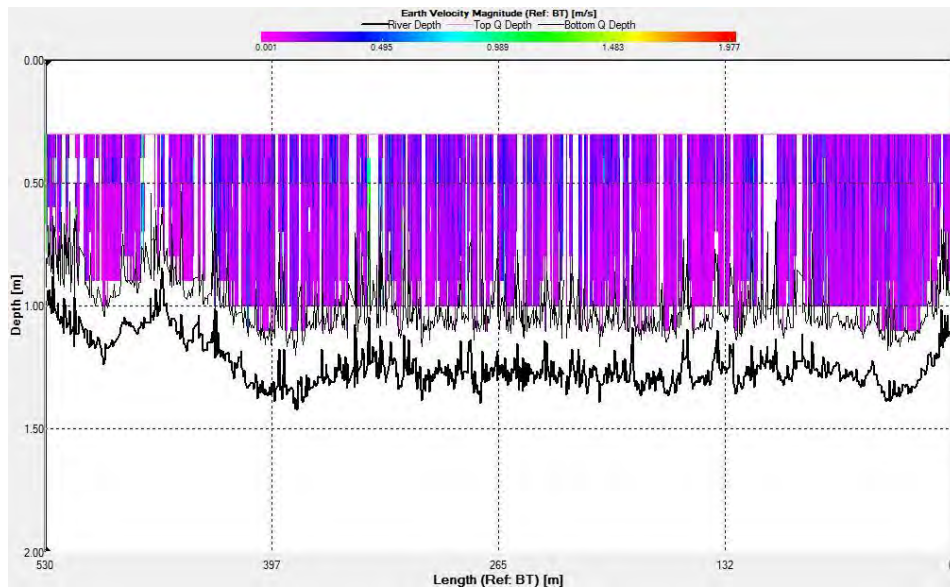
Tāšu ezera uzmērīšanas laikā, pasīvē peldošā konstrukcijā montētā iekārta tika vilkta manuāli, izmantojot trošu sistēmu. Šķērsprofili tika uzmērīti virzot iekārtu perpendikulāri ūdens tecēšanas virzienam, savukārt garengriezums tika uzmērīts iekārtu virzot ūdens tecēšanas virzienā (skat. 22. attēlu).



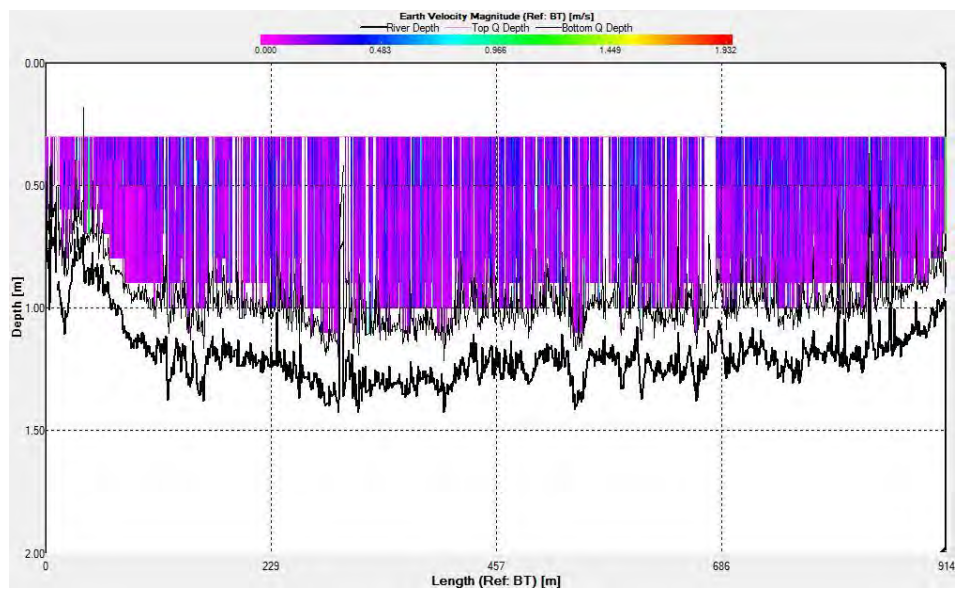
22. attēls. Tāšu ezera uzmērīšanas shēma (Avots: autora sastādīts)

Ūdensteces gultnes profils tiek veidots automātiski un attēlots datu nolasīšanas ierīcē (Muste et al., 2004). Mērījumi tiek veikti, izmantojot datu apstrādes programmu WinRiver II. Datu vizuālā attēlošana notiek mērījuma laikā, kas ļauj kontrolēt gan

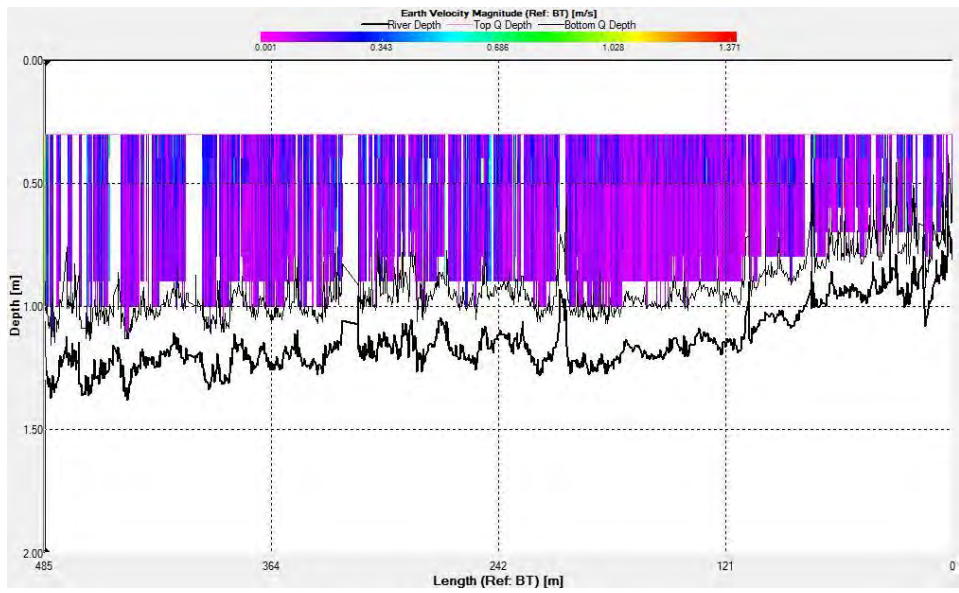
kustības virzienu, gan mērījumu kvalitāti. Tāšu ezera uzmērīšanas laikā iegūtie datu vizuālie attēlojumi apskatāmi 23., 24., 25., 26. un 27. attēlā, kā arī pielikumā.



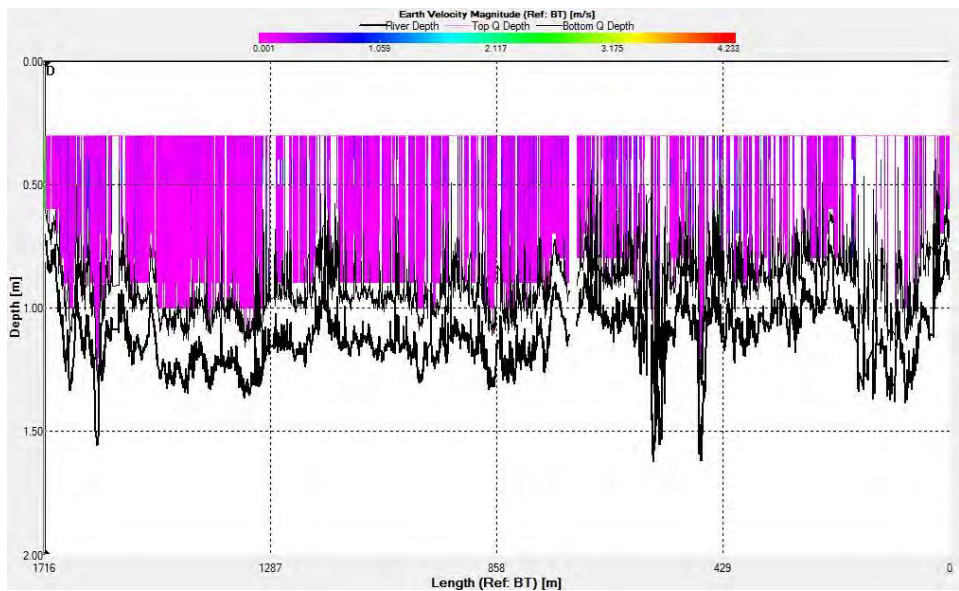
23. attēls. Tāšu ezera šķērsprofils piketā 234/00 (1. šķērsgriezums)



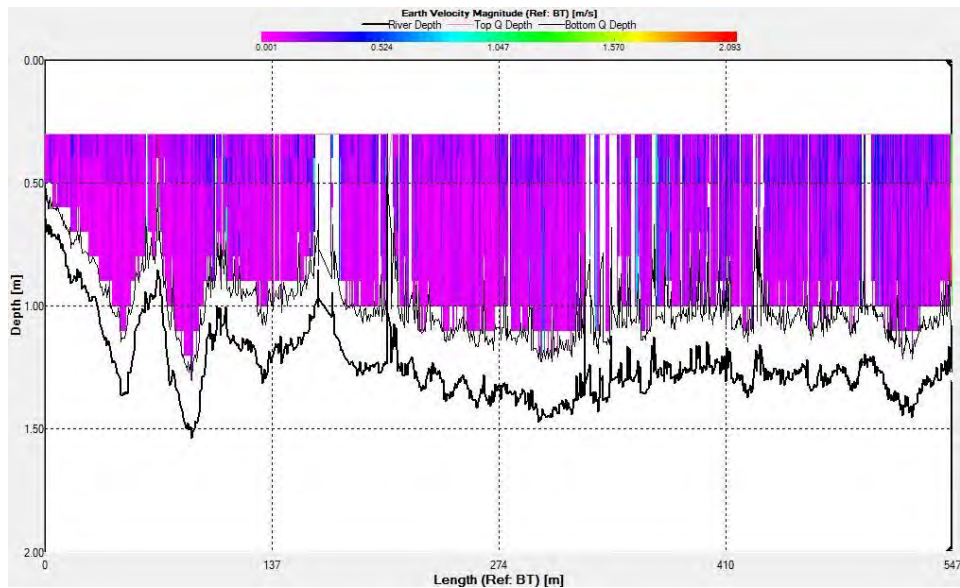
24. attēls. Tāšu ezera 2. šķērsgriezums



25. attēls. Tāšu ezera 3. šķērsriezums



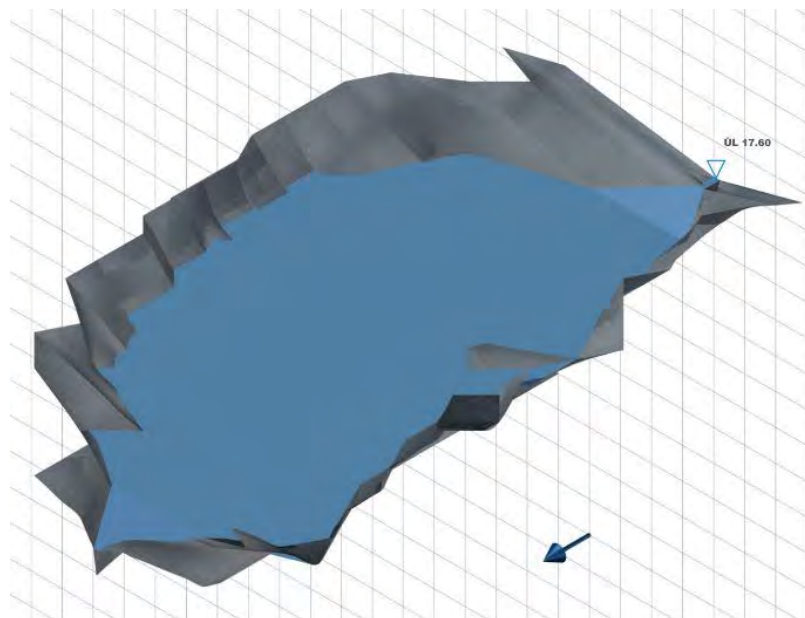
26. attēls. Tāšu ezera garengriezums (4. šķērsriezums)



27. attēls. Tāšu ezera 5. šķērsriezums

Katrā mērījuma reizē tiek iegūta datu matrica, kurā ir ietverts upes gultnes profils ar gultnes dziļuma relatīvo skaitlisko vērtību un suspendēto daļiņu pārvietojumu pret to, kas raksturo straumes ātrumu katrā mērījumu režģa šūnā. Katra mērījuma atskaties punkts ir ūdens līmenis, kas ir mērījumu relatīvā “0” vērtība.

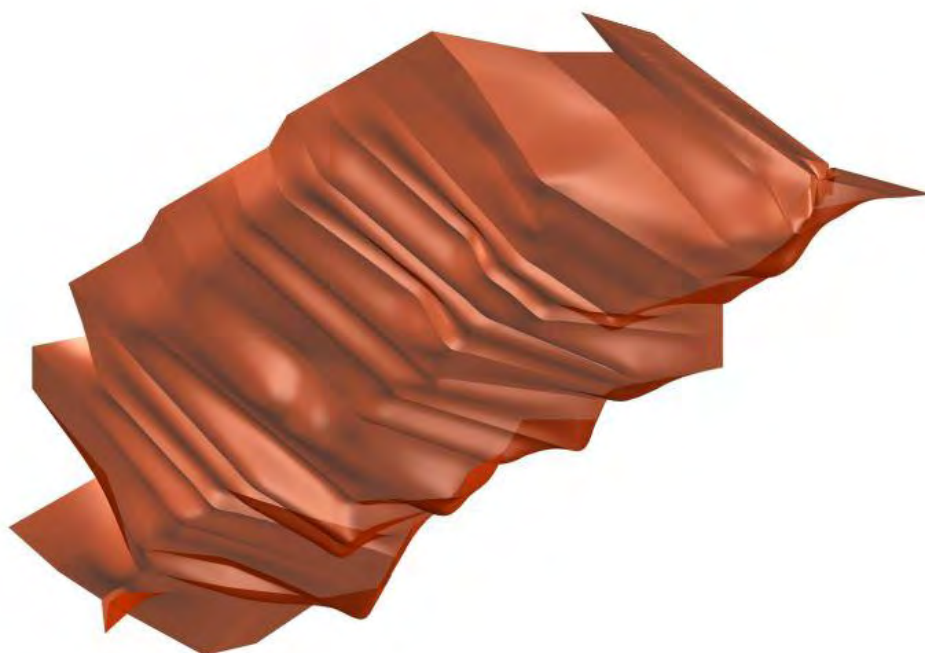
No iegūtajiem mērījumu datiem, tika izveidoti Tāšu ezera, Tāšu ezera gultnes un Tāšu ezera dūņu slāņa 3D modeļi (skat. 28., 29., 30. attēlus, pielikumā).



28. attēls. Tāšu ezera 3D modelis pie ŪL 17.60 m (Avots: autora sastādīts)



29. attēls. Tāšu ezera gultnes 3D modelis (Avots: autora sastādīts)



30. attēls. Tāšu ezera dūņu slāņa 3D modelis (Avots: autora sastādīts)

1. 5. Konceptuālā hidroloģiskā modeļa METQ uzbūve

Konceptuālā hidroloģiskā modeļa METQ noteces aprēķina konceptuālā shēma ir dota 31. attēlā, kurā uzskatāmi tiek parādītas galvenās ūdens plūsmas. Ūdens bilances aprēķinos apjomīgs rādītājs ir ūdens uzkrājums hidroloģiskajā reakcijā, kā piemēram: sniega segā, augsnes aktīvajā slānī, gruntsūdenī un ar to saistītajā kapilārajā pacelšanās

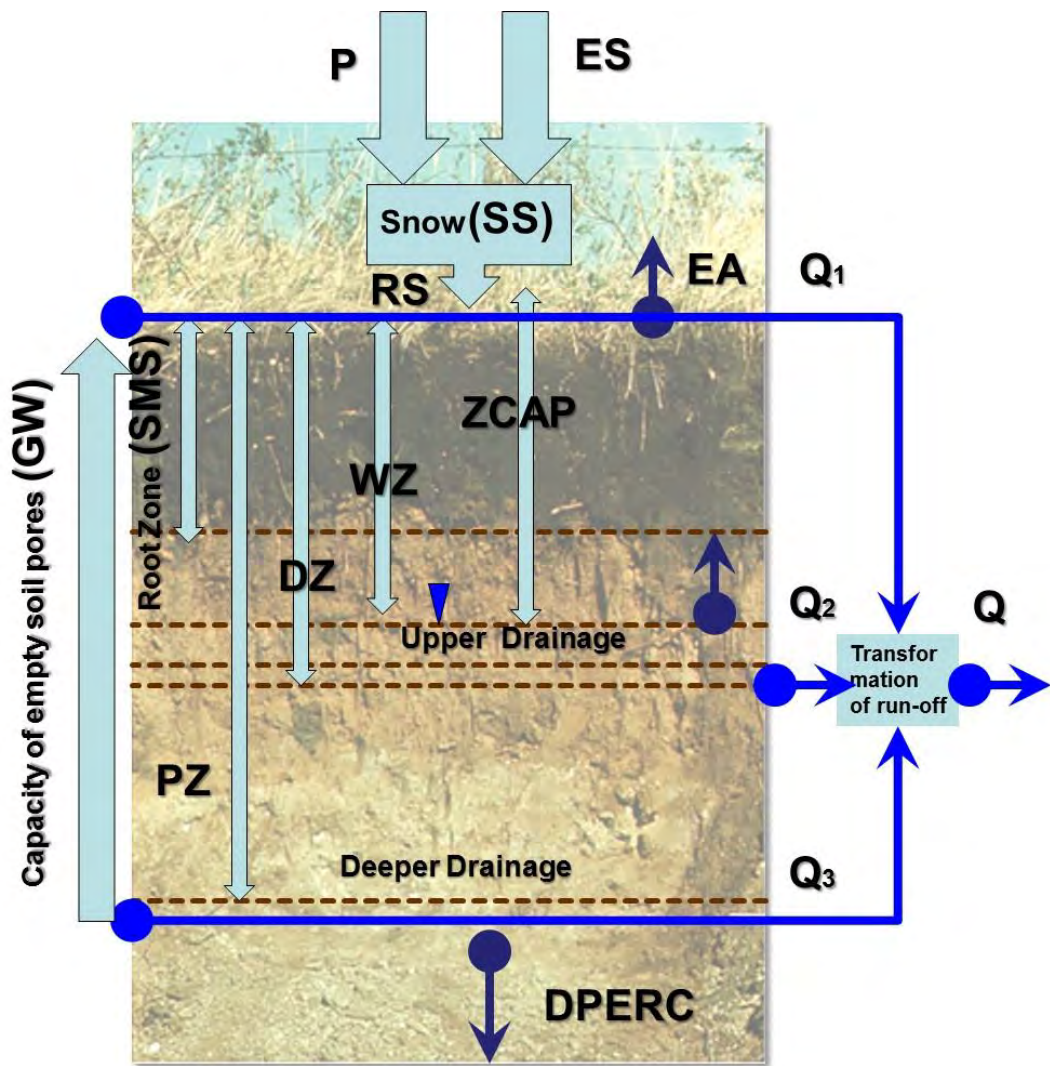
slānī. Augšējam slānim, kas nosaukts par augsnes aktīvo slāni, šajā modelī nav precīzi definētas apakšējās robežas, toties ir norāde, ka tajā izvietojas augu sakņu galvenā daļa. Veģetācijas periodā šī slāņa summāro iztvaikošanu nosaka galvenokārt augu transpirācija. Savukārt gruntsūdens krājumi šajā hidroloģiskajā modelī tiek raksturoti ar brīvo poru tilpuma slāni starp zemes virsmu un gruntsūdens līmeni. Katras hidroloģiskās atbildes vienības (hydrological response unit) noteci raksturo ar šādām komponentēm:

Q1 – virszemes notecē;

Q2 – augsnes notecē;

Q3 – dziļā pazemes notecē no slāņiem, kas drenējas apskatāmajā upes baseinā.

Hidrogrāfiskajā tīklā šīs noteces komponentes apvienojas un transformējas izlīdzinātā upju notecē – Q.



31. attēls. Konceptuālā hidroloģiskā modeļa METQ hidroloģiskās atbildes vienības aprēķina principiālā shēma

Apzīmējumi:

P – nokrišņi, mm/dnn

ES – iztvaikošana no sniega, mm/dnn;

RS – lietu un sniega kušanas ūdens, mm/dnn;

EA – iztvaikošana no augsnes aktīvā slāņa, mm/dnn;

SMS – ūdens saturs augsnes aktīvā slānī, mm;

Z – dziļums no zemes virsas, cm;

PZ – drenētā slāņa biezums, cm;

Q1, Q2, Q3 – noteces komponentes, mm/dnn;

RCH – ūdens pārplūde no augsnes aktīvā slāņa uz gruntsūdens horizontu, mm/dnn;

CAP – kapilārā pacelšanās, mm/dnn;

SS – ūdens saturs sniegā, mm;

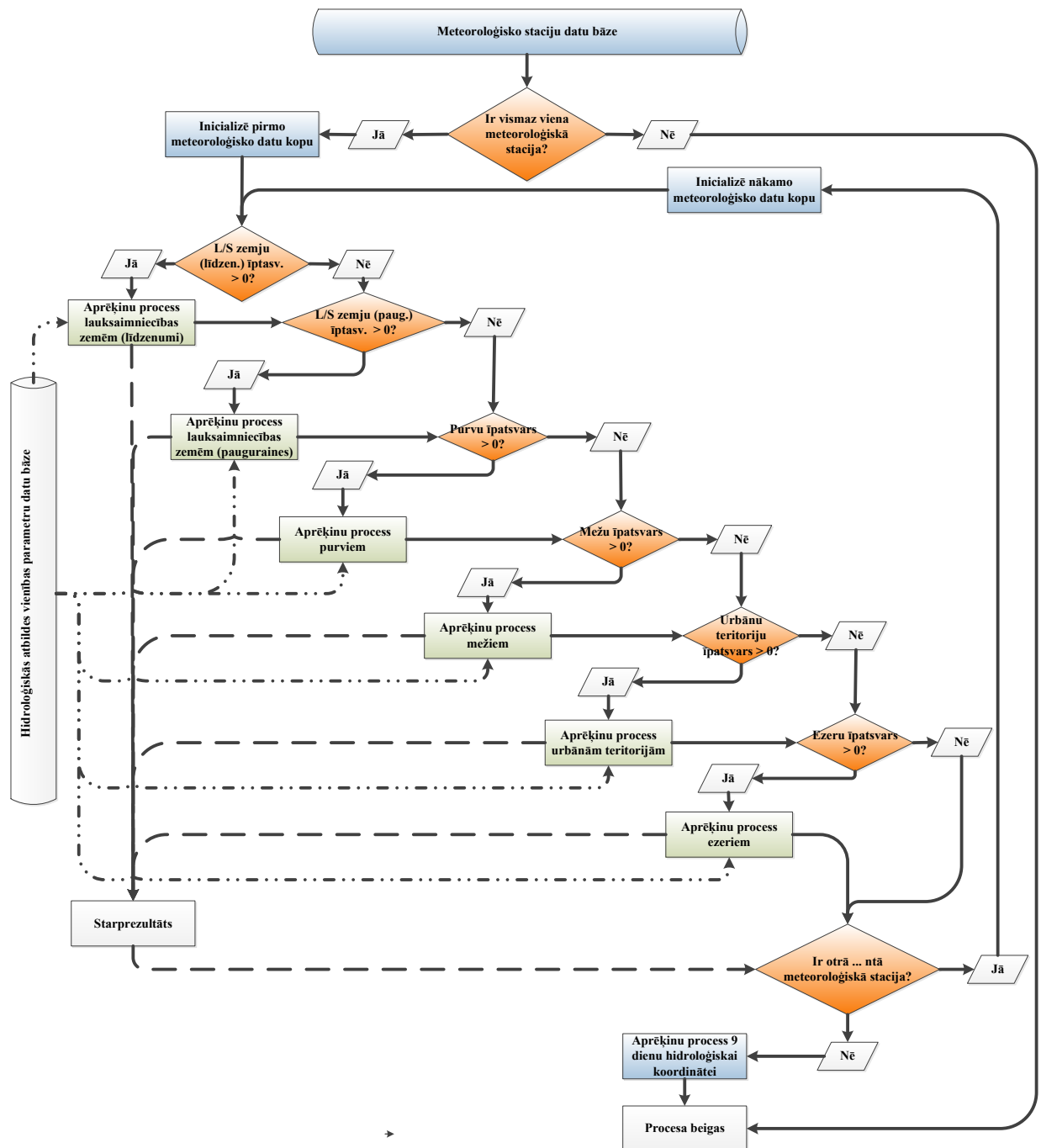
GW – brīvo grunts poru tilpums, mm;

DZ – augšējā slāņa biezums, cm;

ZCAP – kapilārās pacelšanās augstums, cm;

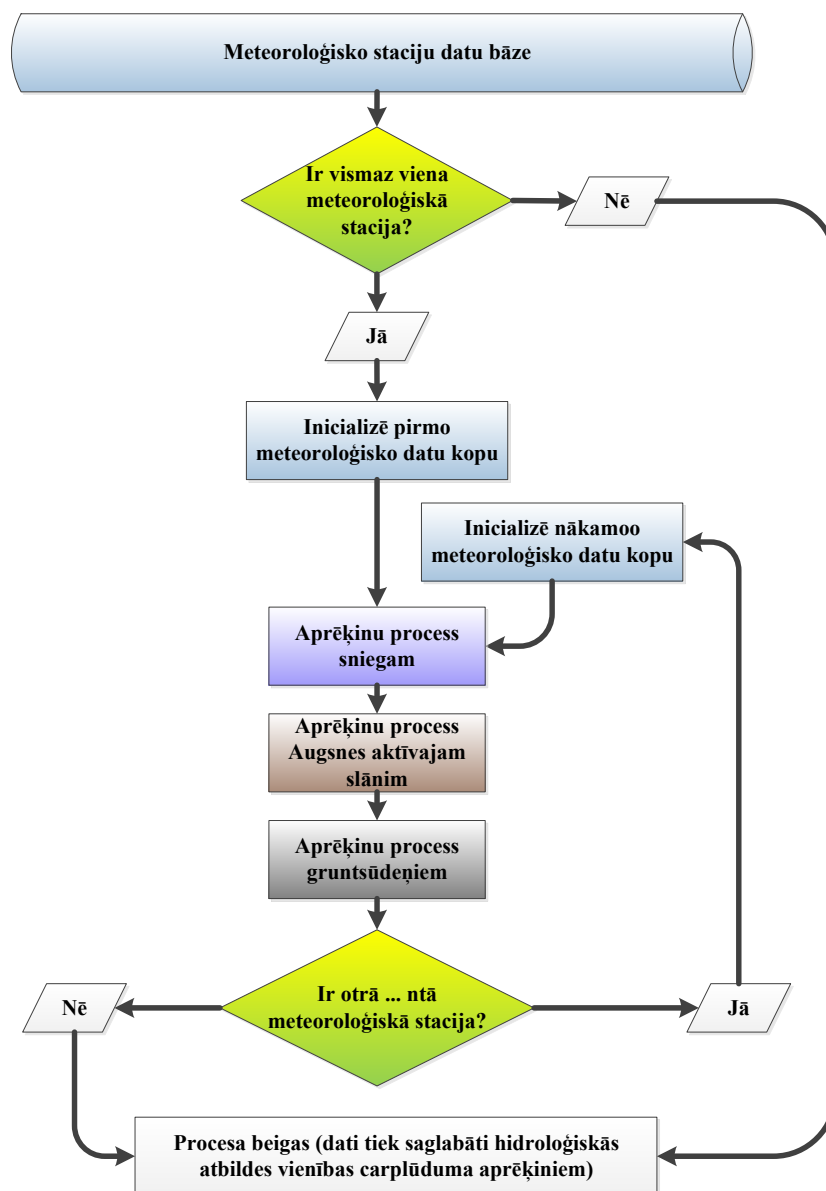
WZ – gruntsūdens dziļums, cm. (Avots: Jauja un Ziverts, 1996)

Konceptuālā hidroloģiskā modeļa METQ plūsmas digramma ir dota 32. attēlā. Šī koncepcija ir izmantojama neizpētītām upēm, kur ir zināms hidroloģisko atbildes vienību īpatsvars un tiek izmantoti noklusētie parametri katrai hidroloģiskās atbildes vienībai. Modelis paredz iespēju izmantot vairāku meteoroloģisko staciju datus, kur katrai stacijai iespējams definēt procentuālo īpatsvaru konkrētās ūdensteces sateces baseinā. Modelis aprēķina algoritmu atkārtoti katrai hidroloģiskajai atbildes vienībai un meteoroloģiskajai stacijai, uzkrājot noteces moduļa datus nākamajam aprēķina posmam. Nākamais aprēķina posms saistīts ar caurplūduma aprēķinu ūdensteces gultnes vērūmā un plūsmas sadalījumu sateces baseinā, ko nosaka ģeoloģiskie un ģeomorfoloģiskie apstākļi. Aprēķins tiek veikts katrai dienai saskaņā ar vienības hidrogrāfa koordinātām, kas apraksta virszemes noteces proporcionālo sadalījumu pa dienām.



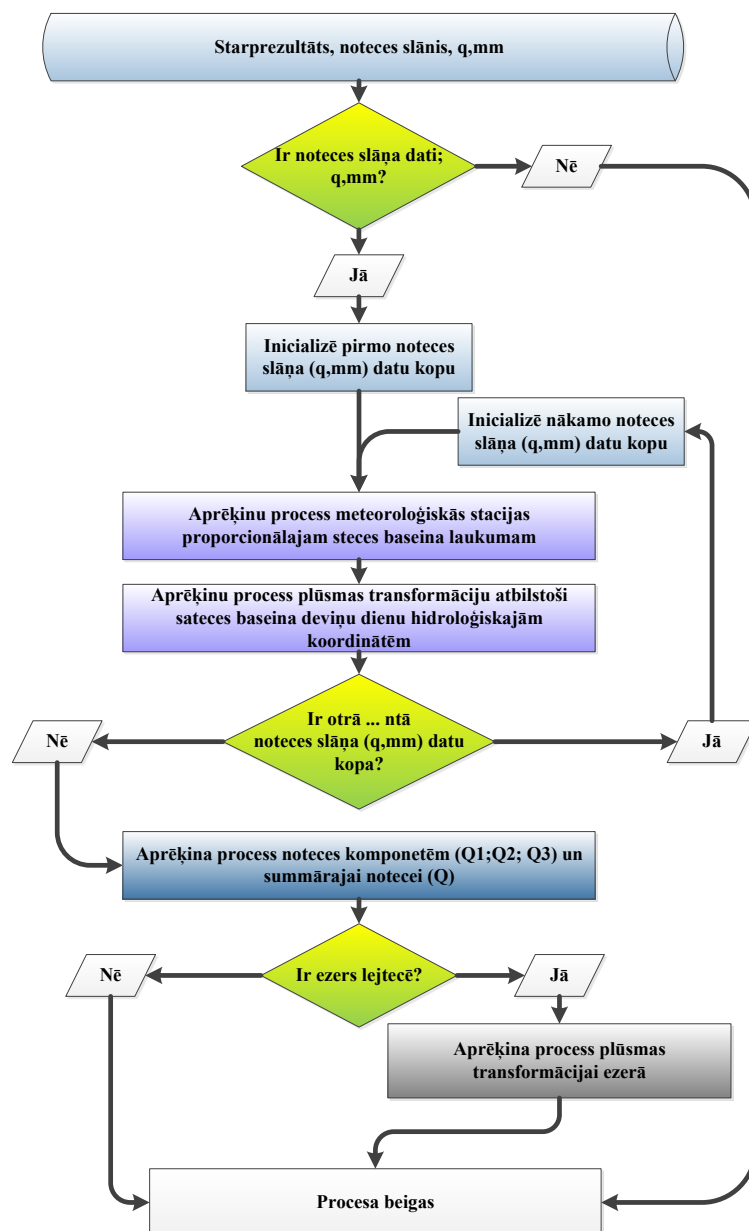
32. attēls. Konceptuālā hidroloģiskā modeļa METQ plūsmas diagramma (Avots: autora veidots)

Hidroloģiskās atbildes vienības aprēķina algoritms sastāv no trim aprēķinu blokiem: sniega veidošanās un kušanas aprēķina, aprēķina augsnes aktīvajam slānim un aprēķina gruntsūdeņiem. Katras hidroloģiskās atbildes vienības dati tiek saglabāti, lai tālāk izmantotu caurplūduma aprēķiniem ūdenstece gultnes vērūmā (skat. 33. attēlu).



33. attēls. Konceptuālā modeļa METQ hidroloģiskās atbildes vienības aprēķina plūsmas diagramma (Avots: autora veidots)

Noslēdzošajā aprēķina posmā tiek aprēķināts caurplūdums katrai hidroloģiskajai atbildes vienībai proporcionāli meteoroloģisko staciju pārklājumam, un veikts caurplūduma korekcijas aprēķins, atbilstoši vienības hidrogrāfa koordinātēm, ja lejtecē ir ezers vai ūdenskrātuve, papildus tiek veikts plūsmas transformācijas aprēķins (skat 34. attēlu).



34. attēls. Konceptuālā hidroloģiskā modeļa METQ virszemes plūsmas transformācijas aprēķina shēma (Avots: autora veidots)

1.5.1. Konceptuālā hidroloģiskā modeļa METQ aprēķina algoritms

Konceptuālā hidroloģiskā modeļa uzbūve un aprēķinu koncepcija ir izskaidrota iepriekšējā apakšnodaļā, šīs apakšnodaļas uzdevums ir sniegt katra aprēķina algoritma bloka detalizētu skaidrojumu.

1.5.1.1. Ūdens bilances aprēķina algoritms

Konceptuālā hidroloģiskā modeļa METQ aprēķina algoritma kodolu veido ūdens bilances aprēķins diviem galvenajiem grunts slāņiem. Modelī grunts virskārta

nosacīti tiek sadalīta trijos slāņos: pirmais slānis ir augsnes aktīvais slānis, kuram nav konkrēta robeža dabā, taču tajā ir izvietota galvenā augu sakņu masa un veģetācijas periodā iztvaikošanu no šī slāņa nosaka veģetācijas transpirācija, otrais slānis atrodas zem augsnes aktīvā slāņa, kur mitruma krājumus nosaka transpirācija un kapilārā pacelšanās un trešā zona, kur noteicošā ir ūdens parvietošanās gruntī gravitācijas spēku ietekmē.

Ūdens bilances vienādojums augsnes aktīvajam slānim tiek aprēķināts pēc 1. formulas:

$$SMS_e = SMS_b + RS - EA + CAP - RCH - Q_1, \quad (1)$$

kur SMS_e un SMS_b - ūdens saturs aktīvajā augsnes slānī, attiecīgi apskatāmās diennakts sākumā un beigās, mm;

RS – sniega kušanas un lietus ūdeņi, mm/d;

EA – summārā iztvaikošana no augsnes aktīva slāņa, mm/d;

CAP – kapilārā pacelšanās, mm/d;

RCH – ūdens pārtece no augsnes aktīvā slāņa uz gruntsūdens horizontu, mm/d;

Q_1 - virszemes notece, mm/d.

Kapilārās pacelšanās slānī ūdens bilances aprēķins tiek veikts pamatojoties uz pieņēmumu, ka zem gruntsūdens līmeņa visas grunts poras ir piepildītas ar ūdeni, savukārt virs gruntsūdens līmeņa daļa poru ir aizpildītas ar kapilāro ūdeni, daļa poru ir aizpildītas ar gaisu un daļa aizpildīta ar ūdeni, kas tik cieši sasitīts ar grunts materiālu, ka neietekmē gruntsūdens svārstības (Jauja, 1999).

Ūdens bilances vienādojums gruntsūdens un kapilārās pacelšanās slānim tiek aprēķināts pēc 2. formulas :

$$GWe = GWb - RCH + CAP + Q_2 + Q_3 + DPERC, \quad (2)$$

kur GWe un GWb – brīvo grunts poru tilpums diennakts sākumā un beigās, mm;

RCH – ūdens pārtece no augsnes aktīvā slāņa uz gruntsūdens horizontu, mm/d;

CAP – kapilārā pacelšanās, mm/d;

Q2 – notece no augšējās “drenas”, mm/d;

Q3 – notece no apakšējās “drenas”, mm/d;

DPERC – pietece uz dziļākiem slāņiem, mm/d.

1.5.1.2. Sniega segas veidošanās un kušana

Sniega segas veidošanās un sniega kušana aprēķinos tiek izmantota vienkārša, taču klasiska metode. Ja diennakts gaisa vidējā temperatūra ir zem robežlieluma T_1 , nokrišņi uzkrājas sniega veidā. Sniega kušanas aprēķiniem tiek izmantota klasiskā diennakts temperatūras metode (Zīverts un Jauja, 1996), kas ir līdzīga HBV modelī (Bergström, 1992) izmantotajai un atvasināta no Martinec, 1960 izstrādātās metodes. Sniega kušana M (mm) tiek aprēķināta izmantojot 3. formulu:

$$M = CMELT * (T - T_2), \quad (3)$$

kur M – ikdienas sniega kušana, mm;

$(T - T_2)$ – dienas – grādu skaits virs robežtemperatūras, $^{\circ}C$ d;

$CMELT$ – sniega ūdens atdeves koeficients, mm.

Sniega ūdens atdeves koeficients $CMELT$ ir mainīgs laikā un atkarīgs no pienākošās saules radiācijas, tādēļ modelī tas tiek aprēķināts saskaņā ar formulu 4. formulu:

$$CMELT = CMELTB + AMELT * I, \quad (4)$$

kur $CMELT$ – sniega ūdens atdeves koeficients, mm;

$CMELTB$ – sniega ūdens atdeves koeficienta nemainīgā komponente;

$AMELT$ – pārejas koeficients, kas raksturo hidroloģiskās atbildes vienības sniega kušanas intensitāti;

I – ikdienas potenciālā insolācija, MJ/m² d.

1.5.1.3. Mitruma krājumi sniega segā

Mitruma krājumi ūdensteces sateces baseinā nosaka hidroloģisko režīmu, un ir izejas parametrs summārās iztvaikošanas un noteces aprēķiniem. Modelī METQ var izdalīt trīs mitruma krājumu veidus: mitruma krājumi sniegā (SS); mitruma krājumi augsnes aktīvajā slānī (SMS); mitruma krājumi gruntsūdens un kapilārās pacelšanās slānī (GW).

Konceptuālā hidroloģiskā modeļa aprēķina algoritmā parametrs WMAX nosaka mitruma krājumu augšējo robežu, un ir atkarīgs no katras hidroloģiskās atbildes vienības ģeomorfoloģijas. Savukārt mitruma krājumi gruntsūdens un kapilārajā pacelšanās slānī ir atkarīgi no iepriekšējās dienas modelētā gruntsūdens līmeņa un gruntsūdens atdeves koeficienta ALFA, kas hidroloģiskajām atbildes vienībām var būt atšķirīgs.

Sniega kušanas ūdeņi papildina augsnes aktīvā slāņa mitruma krājumus, ja augsnes aktīvā slāņa mitruma krājumi ir mazāki par robežlielumu WMAX, ja robežlielums WMAX tiek pārsniegts, notiek gruntsūdeņu papildināšanās un notiek gruntsūdens līmeņa paaugstināšanās. Virszemes notece rodas pie nosacījuma, kad gruntsūdens ir sasniedzis zemes virsmu.

Mitruma krājumu aprēķiniem ūdensteces sateces baseinā veic pēc 5. formulas:

$$P = ET + R + \Delta S \quad , \quad (5)$$

kur P – nokrišņi, mm;

ET – summārā iztvaikošana, mm/d;

R – notece;

ΔS – mitruma krājumu izmaiņa.

1.5.1.4. Summārā iztvaikošana

Konceptuālajā hidroloģiskajā modelī METQ tiek pieņemts, ka ūdens iztvaikošana notiek no augsnes aktīvā slāņa vai sniega. Modelī iztvaikošana tiek aprēķināta, izmantojot empīrisku metodi, kas ir līdzīga Alpatjeva izstrādātajai bioklimatiskajai metodei (Алпатъев, 1969). Aprēķini tiek veikti, pamatojoties uz

pieņēmumu, ka summārā iztvaikošana ir tieši proporcionāla gaisa mitruma deficītam un tiek aprēķināta pēc 6. formulas:

$$ET = k * DEF \quad , \quad (6)$$

kur ET – summārā iztvaikošana, mm/d;

k – bioklimatiskais koeficients, kas atkarīgs no augu veģetācijas pakāpes un klimatiskajām īpašībām. Latvijā bioklimatiskais koeficients svārstās robežās 0,53 – 0,58 (Zīverts un Sauka, 1976);

DEF – diennakts vidējais gaisa mitruma deficīts, hPa.

Analoģiski iztvaikošanai no augsnes aktīvā slāņa tiek aprēķināta iztvaikošana no sniega. Aprēķina algoritmā (skat. formulu 7) iztvaikošanas koeficients no sniega KS tiek lietots bioklimatiskā koeficienta vietā:

$$ES = KS * DEF \quad , \quad (7)$$

kur ES – iztvaikošana no sniega, mm/d;

KS - iztvaikošanas koeficients no sniega, mm/d;

DEF – diennakts vidējais gaisa mitruma deficīts, hPa.

Katras dienas summāra iztvaikošana no augsnes aktīva slāņa (EA) ir modelēta atkarība no diennakts vidēja gaisa mitruma deficīta, mitruma krājumiem augsnes aktīvajā slānī (SMS_b) un gruntsūdens līmeņa (WZ_b) katras dienas sākumā. Gadījumā, ja augsnes aktīvais slānis ir piesātināts ($SMS_b = WMAX$), tad tekošās dienas summāra iztvaikošana ir vienāda ar potenciālo summāro iztvaikošanu un to aprēķina pēc formulas:

$$EA = KU * DEF \quad , \quad (8)$$

kur EA – aktuālā summāra iztvaikošana (no augsnes aktīva slāņa), mm/d;

KU – iztvaikošanas koeficienta augšējā robeža;

Šajā gadījumā KU ir vienāds ar bioklimatisko koeficientu.

DEF – diennakts vidējais gaisa mitruma deficīts, hPa.

Ja augsnes aktīvais slānis ir sauss jeb $SMS_b = 0$ un $WZ_b \geq ZCAP$ ($ZCAP$ – kapilārās pacelšanās augstums, cm), tad aktuālā summārā iztvaikošana tiek aprēķināta izmantojot iztvaikošanas koeficienta zemāko robežu KL formulā 9:

$$EA = KL * DEF \quad , \quad (9)$$

kur EA – aktuālā summāra iztvaikošana (no augsnes aktīva slāņa), mm/d;

KL – iztvaikošanas koeficienta zemākā robeža;

DEF – diennakts vidējais gaisa mitruma deficīts, hPa.

Ja mitruma krājumi augsnes aktīvajā slānī ir mazāki par robežlielumu $WMAX$, tad aktuālā summārā iztvaikošana tiek interpolēta starp minētajiem robežlielumiem, kas aprēķināti izmantojot 10. un 11. formulu:

$$EA = \left[KU - \frac{WZ_b}{ZCAP} * (KU - KL) * \left(1 - \frac{SMS_b}{WMAX} \right) \right] * DEF, ja WZ_b \leq ZCAP \quad (10)$$

$$EA = \left[KU - (KU - KL) * \left(1 - \frac{SMS_b}{WMAX} \right) \right] * DEF, ja WZ_b > ZCAP \quad (11)$$

1.5.1.5. Notece

Konceptuālajā hidroloģiskajā modelī METQ kopējā notece tiek raksturota ar šādām komponentēm: virszemes notece, augšējā slāņa gruntsūdens notece un apakšējā slāņa gruntsūdens notece. Virszemes noteci, atkarībā no tās veidošanas pamatprincipa, var klasificēt divos veidos:

Hortona notece veidojas, ja augsnes infiltrācijas spēja f (mm/h) ir mazāka par nokrišņu intensitāti $i < f$, tad visi lietūs ūdeņi infiltrējas un virszemes notece neveidojas. Ja i lielāks par f , tad veidojas virszemes notece ar intensitāti $(i - f)$ (Horton, 1933).

Djūna virszemes notece, kas veidojas gadījumos, kad grunts ir piesātināta ar ūdeni un gruntsūdens līmenis sasniedz zemes virsu, tādējādi, nokrišņiem izkrītot virs piesātinātās grunts, rodas virszemes notece (Dunne and Black, 1970).

Iepriekšminētie virszemes noteces veidi tiek ievēroti modelī METQ. Virszemes notece atšķirīgi veidojas sasalušas un nesasalušas grunts apstākļos. Nesasalušas augsnes filtrācijas spēja tiek raksturota ar šādiem parametriem: RCHR, RCHR2 un

ROBK,, bet sasalušai gruntij papildus ar vēl diviem parametriem - RCHRZ un RCHR2Z.

Nesasalušas augsnes filtācijas spēja tiek aprēķināta pēc 12. formulas:

$$Q_{inf} = RCHR + RCHR2 * \text{than} \frac{RCH - RCHR2}{RCHR * ROBK}; \quad (12)$$

Sasalušai augsnei filtācijas spēja tiek aprēķināta pēc 13. formulas:

$$Q_{inf} = RCHRZ + RCHR2Z * \text{than} \frac{RCH - RCHR2Z}{RCHRZ * ROBK}; \quad (13)$$

Hortona (1933) virszemes notece tiek modelēta pēc 14. formulas :

$$Q_H = P + M - Q_{inf} , \text{ ja } P + M \leq 0 , \text{ tad } Q_H = 0 \quad (14)$$

Virszemes notece pie pārsniegta piesātinājuma, saskaņā ar *Dunne and Black (1970)* tiek modelēta saskaņā ar 15. formulu:

$$Q_D = -GW_e , \text{ ja } GW_e \geq 0 , \text{ tad } Q_D = 0 \quad (15)$$

Kopējā virszemes notece tiek aprēķināta pēc 16. formulas:

$$Q_1 = Q_H + Q_D; \quad (16)$$

Augšējā slāņa gruntsūdens notece tiek aprēķināta atkarībā no gruntsūdens līmeņa augstuma virs augšējā slāņa “drenāžas” dziļuma:

$$Q_2 = A2 * (DZ - WZ)_2 ; \quad (17)$$

kur $A2$ – augšējā slāņa drenētības intensitāte;

WZ – gruntsūdens līmeņa dziļums, cm;

(DZ) – kalibrējams parametrs.

Ar drenāžas tīklu nosusinātās platībās parametrs DZ raksturo reālo drenāžas tīkla iebūves dziļumu, bet parametru $A2$ var aprēķināt saskaņā ar 18. formulu:

$$A2 = \frac{A * k}{E^2}; \quad (18)$$

kur $A2$ – augšējā slāņa drenētības intensitāte;

A – koeficients, kas atkarīgs no grunts slāņu sakārtojuma;

k – gruntsūdeni saturošā slāņa vidējais filtrācijas koeficients, m/d;

E – drenu attālums, m.

Parametriem $A2$ un DZ nav tieša izskaidrojuma platībās, kas nav drenētas ar segto drenāžas tīklu, līdz ar to parametri $A2$ un DZ raksturo iedomātu ļoti seklu drenāžas tīklu.

Apakšējā slāņa gruntsūdens notece tiek aprēķināta atkarībā no gruntsūdens līmeņa augstuma virs apakšējā slāņa “drenāžas” dziļuma saskaņā ar 19. formulu:

$$Q_3 = A3 * (PZ - WZ); \quad (19)$$

kur $A3$ – dziļāko grunts slāņu drenētības intensitāti raksturojošs koeficients;

PZ – kalibrējams parametrs.

Parametrs DPERC konceptuālajā hidroloģiskajā modelī METQ tika ieviests papildus, lai varētu raksturot ūdens pārtecēšanu uz slāņiem, kas izvēlētajā baseinā netiek drenēti. Parametrs DPERC var būt arī ar negatīvu zīmi (gadījumos, kad pazemes ūdeņi baseinā ieplūst no blakus baseiniem).

Daļbasienu kopējo noteci aprēķina pēc 20. formulas:

$$Q = \frac{(Q_{ALL} * W_{ALL} + Q_{AHL} * W_{AHL} + Q_F * W_F + Q_B * W_B + Q_L * W_L)}{100}; \quad (20)$$

kur Q – kopējā baseina notece, mm/d;

Q_{ALL} – līdzenu lauksaimniecības zemju notece, mm/d;

Q_{AHL} – lauksaimniecībā izmantojamo pauguraiņu notece, mm/d;

Q_F – notece mežiem, mm/d;

Q_B – notece purviem, mm/d;

Q_L – notece ezeriem, mm/d;

W_{ALL} , W_{AHL} , W_F , W_B , W_L - minēto elementārbaseinu veidu svāri attiecīgajā daļbaseinā, kuru summa ir 100%.

Ūdensnotekas plūsmas transformāciju ezerā vai ūdenskrātuvē aprēķina, izmantojot ezera vai ūdenskrātuves ūdens bilances vienādojumu saskaņā ar 21. formulu:

$$I - Q = \frac{dV}{dt}; \quad (21)$$

kur I - pietece ezeram, m³/s;

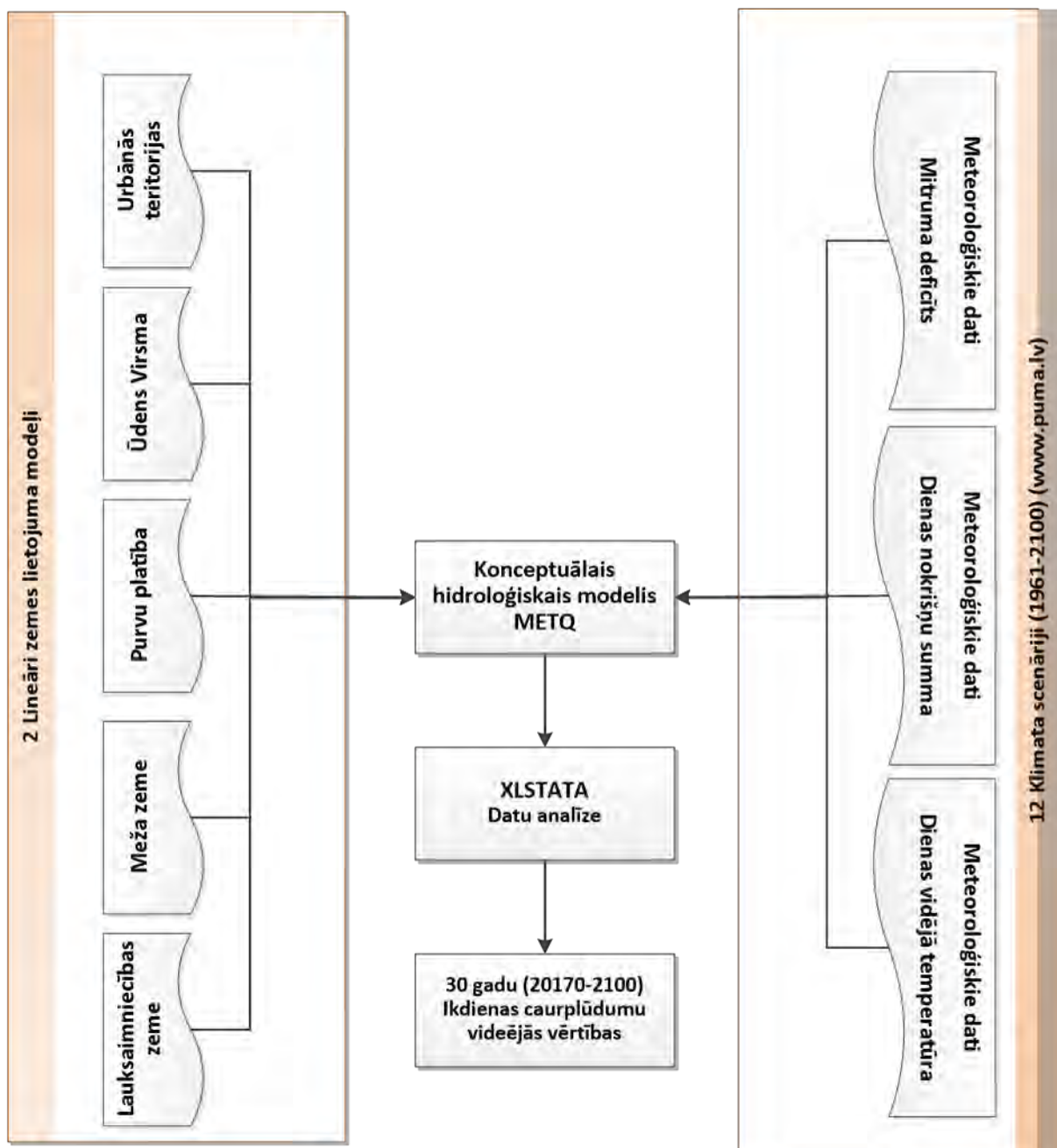
Q - caurplūdums no ezera, m³/s;

V - ūdens tilpums ezerā, m³;

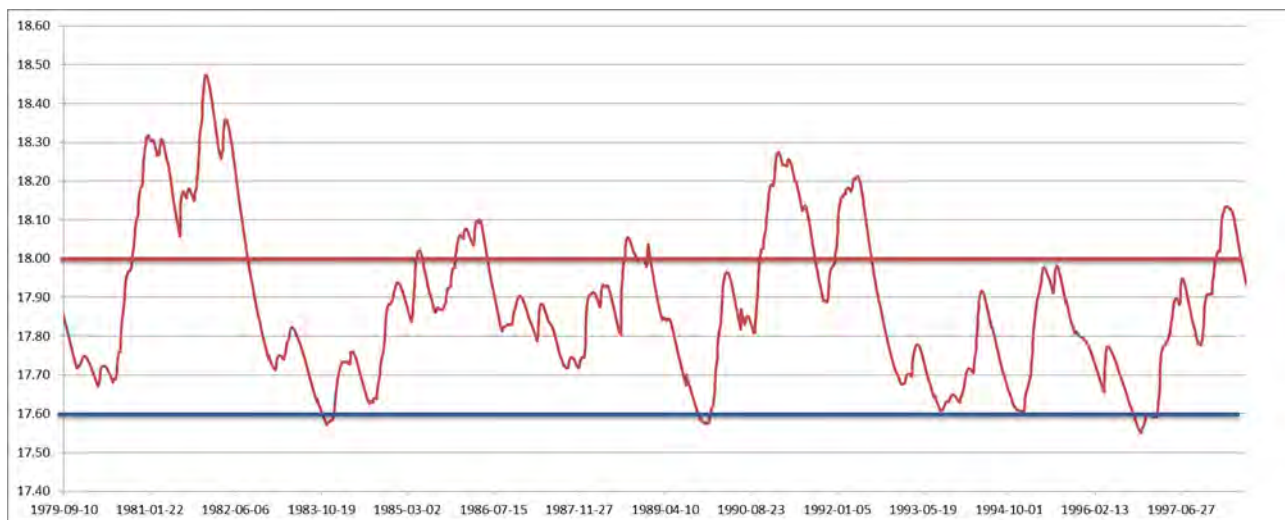
t - laiks, s.

Lai veiktu aprēķinu ir jāzina tilpuma sakarība ar ezera ūdens līmeni un no ezera iztekošā caurplūduma sakarība ar ezera ūdens līmeni.

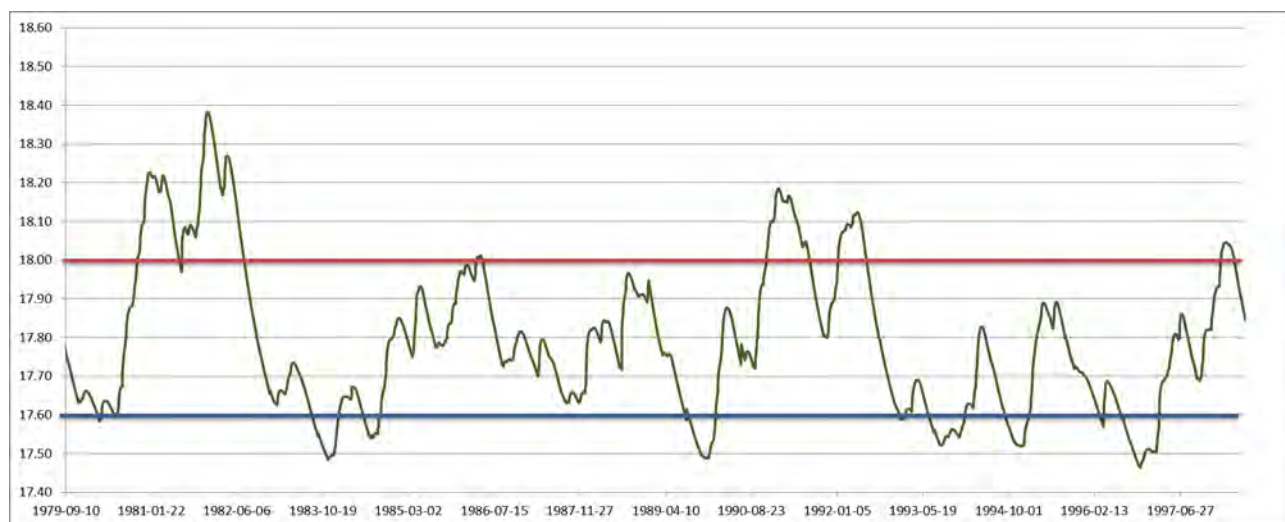
Modelētie caurplūdumi ir attēloti 36. un 37.attēlā.



35. attēls. Klimata pārmaiņu un zemes lietošanas veida ietekmes uz caurplūdumu konceptuālā shēma (Avots: autores sastādīts)



36. attēls. Tāšu ezera ūdens līmeņa sezonālās svārstības pēc vēsturiskā Ālandes upes caurplūduma (Avots: autora sastādīts)



37. attēls. Tāšu ezera ūdens līmeņa sezonālās svārstības pēc vēsturiskā Ālandes upes caurplūduma, pierēķinot niedru evapotranspirāciju (Avots: autora sastādīts)

1. 6. Tāšu ezera hidroloģiskais raksturojums un aprēķini

Hidroloģiskie aprēķini veicami saskaņā ar Ministru kabineta noteikumiem Nr. 631 „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-05 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves"”.

Hidroloģisko aprēķinu uzdevums ir noteikt novadītā elementu un būvju parametru aprēķiniem nepieciešamos aprēķina caurplūdumus Q_{ap} .

Saskaņā ar LBN 224-05 ir šādas hidroloģisko aplēses lielumu noteikšanas metodes:

- matemātiskās statistikas metodes saskaņā ar tiešajiem hidrometriskajiem novērojumiem, ja projektējamā sateces baseinā ir veikti hidrometriskie

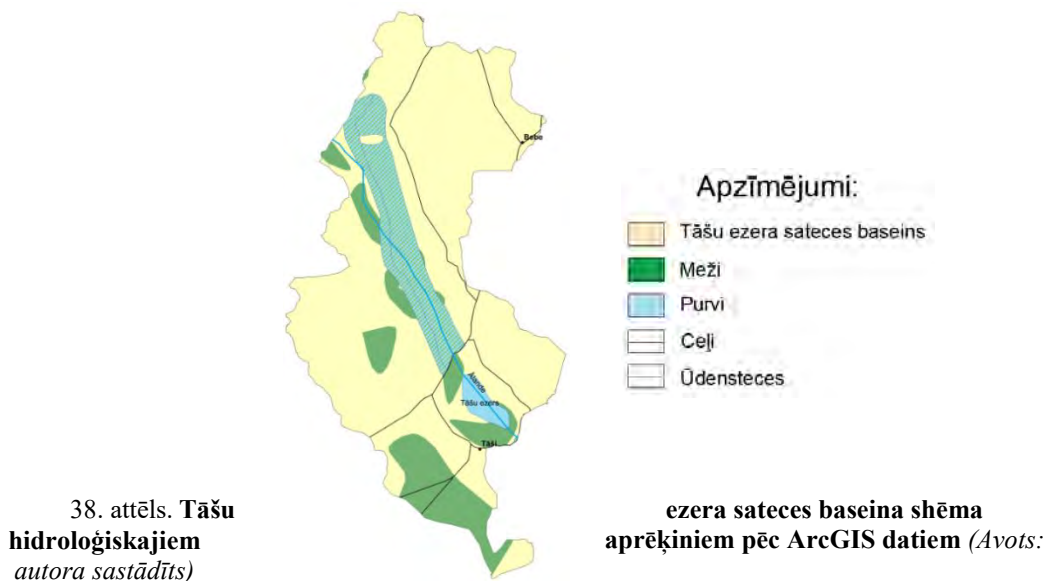
novērojumi un ir pieejami dati ar vismaz 25 gadus ilgu nepārtrauktu novērojumu rindu;

- novērojumu rindu pagarināšanas statistiskās metodes, ja nepārtrauktu novērojumu rinda sateces baseinā ir īsāka par 25 gadiem;
- empīriskās formulas un izolīniju kartes, kas sastādītas, apkopojot Latvijā veiktos hidrometriskos novērojumus, ja projektējamā sateces baseinā novērojumi nav veikti.

Tāšu ezera baseinam nav tieši hidrometriskie novērojumi, līdz ar to hidroloģiskajiem aprēķiniem izmantojamas empīriskas sakarības un izolīniju kartes, kuras atrodamas LBN 224-05 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves".

1.6.1. Tāšu ezera hidroloģiskais raksturojums

Tāšu ezers ietilpst Ālandes upes sateces baseina daļā no Ālandes iztekas līdz Eiles strautam, sateces baseina kods: 34229), kura ietek un iztek no ezera, savukārt Ālandes upe līdz ar Tāšu ezeru ietilpst Liepājas ezera kanāla sateces baseinā un Ventas upes lielbaseinā vadoties pēc Ūdens saimniecisko iecirkņu klasifikatora (ŪSIK). Tāšu ezera sateces baseina laukums literatūras un citos avotos ir šāds: pēc enciklopēdijas Latvijas Daba datiem tas ir 76.4 km², nosakot ezera sateces baseina laukumu ar ZMNĪ Meliorācijas kadastra informācijas sistēmā pieejamajiem rīkiem tas ir 60.40 km², bet izmantojot ĢIS līdzekļus tas noteikts – 59.86 km². Sateces baseina relatīvā mežainība ir 16.70% un relatīvā purvainība – 10.97%, bet atklātā ūdens virsmas platība baseinā ieskaitot pašu ezeru ir 0.94 km². Hidroloģiskajiem aprēķiniem nepieciešamie dati attēloti 38. attēlā.



Ezers ir caurtekošs, tajā ietek 2 lielākas ūdenstece – Ālande un Zoņu grāvis. Ezeram caurplūstošās valsts nozīmes ūdensnotekas Ālandes upes kopgarums ir 24 km, kritums 17 m, kas vidēji ir 0,7 m/km. Tāšu ezerā ietek Zoņu grāvis (ŪSIK 34229:01) un vairāki meliorācijas grāvji, šobrīd daļēji aizauguši (ŪSIK 34229:06, 34229:31, 34229:83,34229:105).

Tāšu ezers ir dabīga ūdenstilpe ar mākslīgi mainītiem ūdens līmeņiem jau kopš 1923. gada. Apkopojot dažādus kartogrāfiskos materiālus un citus avotus, veikta Tāšu ezera ūdens līmeņu un platības izpēte un analīze (Ostelis, 2016).

Šobrīd Tāšu ezerā tiek nodrošināts ūdens līmenis ~18,00 m (LAS-2000.5). Pie šāda ūdens līmeņa ezera ūdens spoguļa virsmas laukums ir ~78 ha. Šāda ūdens līmeņa uzturēšanas rezultātā tiek radīti pārlika mitruma apstākļi augšpus ezeram esošajā teritorijā ~259 ha lielā platībā. Teritorija nav apsaimniekojama. Tāpat pavasara palu laikā atsevišķās reizēs tiek appludināta valsts autoceļa V1192 “Apriķi-Cīrava-Medze” brauktuve un ietekmēts ceļa segas tehniskais stāvoklis.

Dati par ezera ūdenslīmeņa izmaiņām attēloti 1. tabulā.

Saskaņā ar 2015. gada 30. jūnija MK noteikumiem Nr. 329 “Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 “Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves”” pavasaru palu maksimālo caurplūdumu ar pārsniegšanas varbūtību vienu reizi 100 gados ($Q_{1\%}$) nepieciešams aprēķināt, lai noteiktu ūdens noteces un līmeņa regulēšanas aizsprostu augstumu un novadbūves caurvades spējas, nepārplūstošu aizsargdambju augstumu aprēķinos, galveno A1 kategoriju autoceļu tiltu un caurteku caurvades spēju

aprēķiniem, kā arī publiskās lietošanas stratēģiskās un reģionālās nozīmes dzelzceļu tiltu un caurteku caurvades spēju aprēķiniem.

1. tabula. **Tāšu ezera ūdens līmeņu un platības izmaiņas laika gaitā**
(Avots: Mg.sc.ing. Māris Ostelis "Hidroloģiskais atzinums par Tāšu ezera ūdens līmeņiem un platību", 14.09.2016.)

Avots	Tāšu ezera ŪL augstuma atzīme		Ezera platība (ha)
	BAS (m)	LAS- 2000,5 (m)	
1929. gada topogrāfiskais plāns M 1:75 000	18,30	18,47	188,38*
1972. gada topogrāfiskais plāns M 1:25 000	17,50	17,67	92,12*
1972. gada Ventas un Baltijas jūras baseinu ezeru un to apkārtējo platību kompleksās izmantošanas un aizsardzības shēma. Tāšu ezera perfokarte un plāns.	17,25	17,42	94,9
1972. gada Ventas un Baltijas jūras baseinu ezeru un to apkārtējo platību kompleksās izmantošanas un aizsardzības shēma. Tāšu ezera perfokarte. Projektētie lielumi, ja tiek izbūvēta poldera sūkņu stacija pirms Tāšu ezera	18,50 (proj.)	18,67 (proj.)	-
1986. gada topogrāfiskais plāns M 1:10 000	17,40	17,57	54,07*
1989. gada Liepājas raj. p/s "Medze" Ālandes slūžas uz Tāšu ezera iztekas caurtekas-regulatora projekta plāns un griezumī M 1:100	17,25 (proj.)	17,42 (proj.)	-
2013.-2015. gada ortofoto plāns M 1:5000	~17,83	~18,00	78,15*
2016. gada 7. jūnijā veikts Tāšu ezera caurtekas-regulatora augstas detalizācijas topogrāfiskās informācijas (ADTI) plāns M 1:500	17,79	17,96	-
2016. gada augustā izstrādāts ūdens objekta Tāšu ezers ekspluatācijas (apsaimniekošanas) noteikumu projekts	17,43(proj.)	17,60(proj.)	~54

BAS – Baltijas augstumu sistēma.

LAS-2000,5 – Latvijas normālo augstumu sistēma, ERVS realizācija Latvijas teritorijā.

*-ūdens spoguļa virsmas laukuma platība noteikta ar platību mērīšanas rīku vietnē www.topografija.lv uz attiecīgā plāna pamatnes.

Savukārt, ar pārsniegšanas varbūtību, kas atkārtojas vienu reizi 20 gados ($Q_{5\%}$), aprēķins nepieciešams ūdens līmeņu savienošanas būvju caurvades spējas un augstuma noteikšanai, ūdensnoteku un novadgrāvju gultņu, aizsargdambju nogāžu

nostiprinājuma aprēķiniem, zivju migrācijas būvju caurvades spējas un augstuma aprēķiniem, lauku (A4 un A5) ceļu, tiltu un caurteku caurvades caurplūduma, ūdensnoteku un novadgrāvju gultņu nostiprinājumu noteikšanai.

MK noteikumi Nr. 1014 “Ūdens objektu ekspluatācijas (apsaimniekošanas) noteikumu izstrādāšanas kārtība” paredz arī 30 dienu perioda vidējā minimālā caurplūduma ar 95% nodrošinājumu ($Q_{\min 30d 95\%}$) aprēķinu (minimālais garantējamais caurplūdums), kā arī ekoloģiskais caurplūdums, kas nepieciešams ezera dabisko bioloģisko resursu un ekosistēmu saglabāšanai un aizsardzībai.

MK noteikumos Nr. 329 “Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 “Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves”” nav sniegta konkrēta ekoloģiskā caurplūduma aprēķina metodika, tāpēc to parasti aprēķina kā vasaras 30 dienu perioda minimālo caurplūdumu ar 95% nodrošinājumu, kas raksturo to ūdens pieteces daļu, kāda jānovada hidromezgla lejasbjefā jebkādos aizsprosta ekspluatācijas apstākļos. Zivsaimniecībai sevišķi nozīmīgās ūdenstecēs, šis aprēķins var tikt paaugstināts līdz vasaras 30 dienu minimālajam caurplūdumam ar 50% nodrošinājumu.

Tāšu ezera morfometriskais un hidroloģiskais raksturojums:

- Tāšu ezera sateces baseina laukums: 76.40 km² (Latvijas Daba, 1998)
- Tāšu ezera virsmas spoguļlaukuma platība: 0.94 km² (Latvijas Daba, 1998)
- Baseina relatīvā mežainība: 16.7 % (GIS dati)
- Baseina relatīvā purvainība: 10.97 % (GIS dati)
- Ilggadējās gada vidējās noteces slānis: $R_{\text{vid}}=340$ mm;
- Pavasaru palu noteces slānis ar 1% varbūtīgumu: $h_{1\%}=175$ mm;
- Pavasara palu maksimālo caurplūdumu straujuma koeficients: $k_{1\%}=1,0$;
- Vasaras pusgada vidējais noteces modulis $q_{v.v.}=6.0$ l/(s·km²)
- Vasaras – rudens plūdu noteces modulis: $q_{200}=0.20$ m³/(s·km²);
- Baseina sadalījums pa minimālās noteces ģeomorfoloģisko apstākļu grupām: $R_1=100\%$;
- Vasaras pusgada mazūdens perioda minimālās noteces veidošanās klimatiskais koeficients: $g=0.65$.

Aplēses lielumi hidroloģisko aprēķinu veikšanai iegūti ar empīriskām formulā un izolīniju kartēm, kas atrodamas LBN 224-15 “Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves” 1. pielikumā, kas sastādītas, apkopojot veiktos hidrometriskos novērojumus, ja projektējamā sateces baseinā novērojumi nav veikti.

1.6.2. Maksimālā caurplūduma aprēķins Tāšu ezeram

Maksimālā caurplūduma aprēķins jāveic, lai pareizi projektētu un ekspluatētu hidrotehniskās būves. Maksimālie caurplūdumi ir jāaprēķina atsevišķi no pavasara palu ūdeņiem un vasaras lietusgāzēm. Lielākais no iegūtajiem rezultātiem pielietojams hidrauliskajos aprēķinos (Sarma, 1990).

Pavasara palu noteces gaita un maksimālais caurplūduma daudzums ir atkarīgs no baseina klimatiskajiem un ģeogrāfiskajiem apstākļiem. Ziemā upju baseinos uzkrājas sniegs, kas pavasarī izkūst. Aprēķinos būtiska nozīme ir ezeru un purvu ietekmei – šie dabas elementi uzkrāj pavasara palu ūdeņus un samazina maksimālā caurplūduma apjomus. Aprēķinot pavasara palus pēc empīriskajām metodēm, ņem vērā ne vien purvu un ezeru ietekmi, bet arī mežu ietekmi. Meži ar savu īpatnējo mikroklimatu samazina pavasaru palu noteci. Pavasaros tajos ir stabilāks temperatūras režīms, līdz ar to sniegs kūst lēnāk, turklāt, tā kā mežā ne vienmēr augsne ziemas periodā ir sasalusi, tai ir labāka infiltrācija (Sarma, 1990).

1.6.2.1. Pavasara palu maksimālie caurplūdumi

Aprēķinot pavasara palu maksimālos caurplūdumus pēc empīriskajām formulām, ņem vērā ezeru, purvu un mežu ietekmi. Meži samazina pavasaru palu maksimālo noteci, infiltrējot sniega ūdeņus nesasalušajā meža augsnē.

Pavasara palu maksimālo caurplūdumu ar nepieciešamo nodrošinājumu $p=1\%$, aprēķina pēc formulas:

$$Q_{1\%} = k_{1\%} \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 (A + 1)^{-0.14} \cdot A, \text{ kur} \quad (22)$$

$Q_{1\%}$ - pavasara palu maksimālais caurplūdums ar pārsniegšanas varbūtīgumu 1%;

$k_{1\%}$ - pavasara palu maksimālais caurplūduma koeficients;

δ – ezeru ietekmes koeficients;

δ_1 – mežu ietekmes koeficients;

δ_2 – purvu ietekmes koeficients;

A – sateces baseina platība km^2 .

Lai varētu aprēķināt pavasaru palu maksimālo caurplūdumu, pirms tam ir nepieciešams aprēķināt mežu ietekmes koeficientu (δ_1) un purvu ietekmes koeficientu (δ_2):

Mežu ietekmes koeficientu δ_1 aprēķinam pēc formulas:

$$\delta_1 = 1 / (A_m + 1)^{0.22}, \text{ kur} \quad (23)$$

A_m - relatīvā meža platība baseinā, %.

Mežu ietekmes koeficients δ_1 Tāšu ezera baseinam ir:

$$\delta_1 = 0.53$$

Purva ietekmes koeficientu δ_2 aprēķina pēc formulas:

$$\delta_2 = 1 - 0.7 \cdot \lg (0.1 \cdot A_p + 1), \text{ kur} \quad (24)$$

A_p - relatīvo purvu platība baseinā, %.

Purvu ietekmes koeficients δ_2 Tāšu ezera baseinam ir:

$$\delta_2 = 0.76$$

Ezera ietekmes koeficientu δ aprēķina pēc formulas:

$$\delta_2 = r_1 \cdot r_2 \cdot \dots \cdot r_i \cdot \dots \cdot r_{n-1} \cdot r_n \quad (25)$$

$$r_i = 1 - \frac{14.2 \cdot S_i^{0.355} \cdot A_i^{0.73}}{h_{1\%}^{0.5} \cdot A}, \text{ kur} \quad (26)$$

r_i - i-tās ūdenstilpes (ezera) ietekmes koeficients, kas attiecināts uz aprēķina vērumu;

A_i - sateces baseina laukums i-tai ūdenstilpei (km²);

A - sateces baseina laukums aprēķina vērumā (km²);

S_i - i-tās ūdenstilpes virsmas laukums (km²);

$h_{1\%}$ - pavasara palu noteces slānis (mm) ar 1% pārsniegšanas varbūtību, kura vērtības noteiktas LBN 224-15 2. pielikuma 2. kartogrammā.

Pavasaru palu maksimālais caurplūdums pie p=1%:

$$Q_{1\%} = 17.115 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pavasaru palu maksimālais caurplūdums pie p=1%, nemot vērā Tāšu ezera ietekmes koeficientu δ :

$$Q_{1\%} = 11.541 \text{ m}^3/\text{s}$$

Lai aprēķinātu pavasaru palu maksimālo caurplūdumu ar 5% un 10% nodrošinājumu izmanto šādus pārejas koeficientus 0.74 un 0.63:

$$\text{ar 5\% nodrošinājumu } Q_{5\%} = Q_{1\%} \cdot 0.74 = \mathbf{12.665 \text{ m}^3/\text{s}} \quad (27)$$

$$\text{ar 10\% nodrošinājumu } Q_{10\%} = Q_{1\%} \cdot 0.63 = \mathbf{10.782 \text{ m}^3/\text{s}} \quad (28)$$

1.6.2.2. Vasaras – rudens plūdu maksimālie caurplūdumi

Lai aprēķinātu vasaras – rudens plūdu maksimālo caurplūdumu Q_{vp} ar 2% nodrošinājumu izmanto formulu:

$$Q_{vp} = q_{200}(200 / (A + 1))^{0.22} \cdot \delta \cdot \delta_2 \cdot \lambda_{p\%} \cdot A, \text{ kur} \quad (29)$$

Q_{vp} - vasaras – rudens plūdu maksimālais caurplūdums;

q_{200} – maksimālās noteces modulis ar pārsniegšanas varbūtīgumu $p = 1\%$;

A – sateces baseina laukums;

$\lambda_{p\%}$ - pārejas koeficients ($\lambda_{2\%}=0.85$);

δ – ezeru ietekmes koeficients no iepriekšējā aprēķina pēc sakarības;

δ_2 – purvu ietekmes koeficients.

Pēc 29. formulas:

$$Q_{vp2\%} = q_{200}(200 / (A + 1))^{0.22} \cdot \delta \cdot \delta_2 \cdot \lambda_{p\%} \cdot A = \mathbf{8.364 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Tātad vasaras – rudens plūdu maksimālais caurplūdumu Q_{vp} ar 2% nodrošinājumu ir $8.364 \text{ m}^3/\text{s}$.

1.6.2.3. Vasaras pusgada vidējais caurplūdums

Vasaras pusgada vidējo caurplūdums tiek iegūts pēc formulas:

$$Q_{vv} = q_{vv} \cdot A, \text{ kur} \quad (30)$$

Q_{vv} - vasaras pusgada vidējais caurplūdums;

q_{vv} – vasaras pusgada vidējās noteces modulis (noteikts pēc kartogrammas $q_{vv}=4.51/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$);

A – sateces baseina laukums.

Pēc 30. formulas aprēķinātais vasaras pusgada vidējais caurplūdums:

$$Q_{vv} = q_{vv} \cdot A = 550 \text{ l/s} = \mathbf{0.458 \text{ m}^3/\text{s}}$$

1.6.2.4. Vasaras un ziemas mazūdens periodu 30 dienu minimālais caurplūdums

Vasaras un ziemas mazūdens perioda 30 dienu minimālo caurplūdums tiek iegūts pēc formulas:

$$Q_{\min 30d} = a \cdot (A - c)^{1.22}, \text{ kur} \quad (31)$$

$Q_{\min 30d}$ – vasaras un ziemas mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums;
 a un c – parametri, kas atkarīgi no baseina ģeogrāfiskā novietojuma, kā arī ģeomorfoloģiskajiem apstākļiem;

A – sateces baseina laukums.

Lai varētu aprēķināt pavasaru palu maksimālo caurplūdumu, pirms tam ir nepieciešams aprēķināt parametrus a un c . Atkarībā no ģeomorfoloģiskajiem un grunts apstākļiem Latvijas teritorijā ir izdalītas četras zonas (LBN 244-15 6. pielikuma 1. kartogramma), Tāšu ezera sateces baseins atrodas morēnu un smilšaino līdzenumu zonā (R_2).

a un c parametri aprēķina pēc formulām:

$$a = g \cdot (a_1 \cdot R_1 + a_2 \cdot R_2 + a_3 \cdot R_3 + a_4 \cdot R_4) \quad (32)$$

$$c = b \cdot (a_1 \cdot R_1 + a_2 \cdot R_2 + a_3 \cdot R_3 + a_4 \cdot R_4)^{-1}; \text{ kur} \quad (33)$$

g – minimālās noteces formēšanās klimatisko apstākļu parametrs, kuru nosaka LBN 244-15 6. pielikuma 2. un 3. kartogrammā;

a_1, a_2, a_3, a_4, b – parametri, kuri doti LBN 244-15 6. pielikuma 1. tabulā.

Pēc dotajām formulām aprēķinātais vasaras pusgada vidējais caurplūdums:

$$a = 0.65; \quad b_{\text{vas min30d}} = 7.6; \quad b_{\text{ziem min30d}} = 9.0$$

$$Q_{\text{vasaras min30d 95\%}} = a \cdot (A - c)^{1.22} = 0.00462 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{ziemas min30d 95\%}} = a \cdot (A - c)^{1.22} = 0.00151 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tāšu ezera sateces baseinam veiktie hidroloģiskie aprēķini un aplēses lielumi apkopoti 2. tabulā.

2. tabula. Hidroloģisko aprēķinu kopsavilkums (Avots: autora sastādīts)

Sateces baseina raksturojums					Kartogrammās noteiktie koeficienti				Aprēķinātie koeficienti			Varbūtība (%)	Caurplūdums (m ³ /s)
A, km ²	A _m , %	A _p , %	S _i , km ²	A _i , km ²	k%	h ₁ %	q ₂₀₀	q _v	δ	δ ₁	δ ₂		
Pavasara palu maksimālie caurplūdumi													
76.4	16.70	10.96	-	-	1.00	180			1	0.53	0.76	1	17.115
76.4	16.70	10.96	-	-	0.74	180			1	0.53	0.76	5	12.665
76.4	16.70	10.96	-	-	0.63	180			1	0.53	0.76	10	10.782
Vasaras – rudens plūdu caurplūdumi													
76.4	16.70	10.96	-	-			0.2					2	12.404
76.4	16.70	10.96	-	-			0.2					10	8.026
Vasaras pusgada vidējais caurplūdums													
76.4	16.70	10.96	-	-				6.0				50	0.458
Vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums													
76.4	16.70	10.96	-	-				0.65				75	0.012
76.4	16.70	10.96	-	-				0.65				85	0.008
76.4	16.70	10.96	-	-				0.65				95	0.005
Ziemas mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums													
76.4	16.70	10.96	-	-				0.65				75	0.010
76.4	16.70	10.96	-	-				0.65				85	0.005
76.4	16.70	10.96	-	-				0.65				95	0.002

1.6.3. Tāšu ezera apsaimniekošanas alternatīvu apraksts

1.6.3.1. Nulles alternatīva

Nultā Tāšu ezera apsaimniekošanas alternatīvu shēma (skat. 39. attēlu) paredz neizmainīt Tāšu ezera hidrauliskos apstākļos un līdz ar to Tāšu ezerā saglabātos esošā situācija. Ezera krasti saglabājas zemi, aizauguši ar niedrēm un citām virsūdens un peldlapu augu audzēm, krūmājiem un kokiem. Kopējais aizaugums aizņem aptuveni 50% ezera spoguļvirsmas. Ezera grunts pamatnē izveidojies 30 cm līdz 2 m biezs dūņu slānis. Nesamazinot esošo antropogēno slodzi uz ezeru, ezers turpinās tikt piesārņots, kas veicinās vēl lielāka ezera aizauguma veidošanos, un, ūdensaugiem turpinot atmirt un lēnām sadaloties, dūņu slānis ezera gultnē turpinās palielināties. Ezerā ir novērojamas ūdensaugu veidotas peldošās salas.



39. attēls. Tāšu ezera nulles alternatīvas shēma (Avots: autora sastādīts, izmantojot *maps.google.lv*)

1.6.3.2. Pirmā alternatīva

Pirmā Tāšu ezera apsaimniekošanas alternatīvas shēma paredz Tāšu ezera ieteku un izteku pārtīrīšanu līdz ezera spoguļvirsmi. Aizauguma ar ūdensaugiem samazināšana Tāšu ezerā ir nepieciešama, jo ezerā ir izveidojusies vienlaidus virsūdens un peldlapu augu audzes un ar šiem ūdensaugiem ir aizņemti aptuveni 50% no ezera spoguļvirsmas. No ezera funkcionalitātes uzlabošanas viedokļa īpaši nozīmīga ir piekrastes virsūdens augu joslas izpļaušana. Pētījumi ir pierādījuši, ja ezerāveidojas vienlaidus audzes vai peldlapu augu augājs un ar šiem ūdensaugiem aizņemtā platības ir lielākas par 30% (Tāšu ezerā aptuveni 50%) no ezera spoguļvirsmas, ezeros sāk parādīties negatīvas blakus parādības. Šajā nozīmē ļoti negatīva loma ir ezera seklūdens daļās augošajām niedrēm un ezera lielmeldriem. Atšķirībā no ūdenī pilnībā iegremdētajiem augiem, niedrēm un ezera lielmeldriem atmirstot, viedojas rupjš detrits, kuru veidojošās liela izmēra augu atliekas ūdenī sadalās lēni. Tā kā ezera trofijas palielināšanos nosaka no jauna radīto barības vielu daudzuma pieaugums, barības vielu noteces limitēšana ir viens no galvenajiem ezeru apsaimniekošanas uzdevumiem (Urtāne, 2014).

Palielināta aizauguma ar virsūdens un peldlapu augiem izraisītās negatīvās izpausmes ezeros ir sekojošas:

- 1) Detrītam ir zema barības un dzīvotnes vērtība. Tā piesaista tikai nedaudzas ūdens organismu grupas. Piekrastes niedru audzēm izplešoties, citkārt produktīvajās ezera seklūdens daļās samazinās ūdens organismu daudzveidība un to kopējais skaits;
- 2) Samazinoties grunti apdzīvojošu bezmugurkaulnieku daudzumam, pasliktinās zivju barības bāze. Ar rupju detrītu klātās dzīvotnes nav piemēroti barošanās un dzīves apstākļi zivju mazuļiem, kuri, to attīstības sākuma stadijā, apdzīvo ezera seklūdens zonu;
- 3) Virsūdens augiem izplatoties, tiek nomākti ūdenī iegremdētie, pēc izmēra mazākie ūdensaugi – ezerenes, lobēlijas, mieturaļģes, u.c. Tas notiek ne tikai niedru un ezera lielmeldru radītā noēnojuma un blīvās gultni pārklājošās sakņu sistēmas dēļ, bet arī tāpēc, ka atmirušo augu masa apklāj ezera grunti un fiziski “aprok” neliela izmēra ūdensaugus;
- 4) Atklātās daļas – ezera piekrastes seklūdens zona – ir ļoti nozīmīga uzturēšanās un barības ieguves vieta bridējputniem un pīļveidīgajiem putniem;
- 5) Blīva vienlaidus ūdensaugu josla ar niedrēm un lielmeldriem bremsē ūdens cirkulāciju un sedimentu iznesi krastā. Tādējādi ezera piekrastes zonā aktivizējas sedimentācijas procesi un augu barības vielu uzkrāšanās (Urtāne, 2014).

Pirmā Tāšu ezera apsaimniekošanas alternatīva paredz Tāšu ezera ieteku un izteku pārtīrīšanu līdz ezera spoguļvirsmi (skat. 40. attēlu).



40. attēls. **Tašu ezera 1. alternatīvas shēma** (Avots: autora sastādīts, izmantojot *maps.google.lv*)

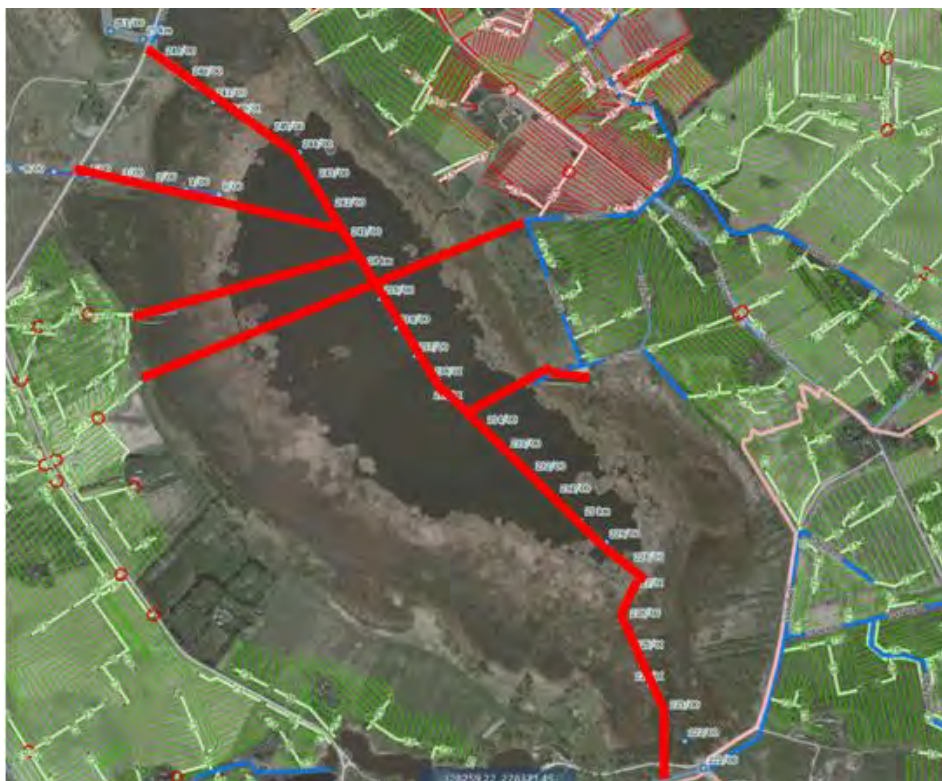
Augus ir nepieciešams pļaut zem ūdens virsmas un iespējami tuvu ezera gultnei, jo ja augi tiek pļauti virs ūdens, izpļautie ūdensaugi ataug jau tajā pašā gadā un izpļaušanas darbu efektivitāte samazinās. Tāpēc augu izpļaušana vienā gadā jāveic 3-4 reizes un jāatkārto 2-3 gadus pēc kārtas.

Lielāku ezera platību apsaimniekošanai var izmantot ūdensaugu pļāvēju vai pie laivas piestiprinātas izkaptis. Pēc ūdensaugu izpļaušanas, ūdensaugu masa iespēju robežās no ezera ir jāizceļ un jāizvieto pagaidu uzglabāšanas vietās līdz tās pārvietošanai uz kompostēšanas vietu. Ūdensaugu masa no ezera ir jāizceļ, tāpēc ka līdz ar to no ezera tiek izņemtas arī tajās esošas barības vielas (Urtāne, 2014).

Apsaimniekošanas pasākumu rezultātā : 1) palielināsies ezera atklātās virsmas laukums un samazināsies ezerā uzkrāto biogēnu daudzums; 2) Samazināsies kopējās virsūdens augiem aizņemtās ezera piekrastes platības un izveidosies no virsūdens augiem brīvas piekrastes zonas; 3) tiks radīti piemēroti apstākļi ūdenī iegremdētā augāja attīstībai; 4) tiks veicināta ezera piekrastes zonas mehāniska pārskaļošana, kā arī atmirušo augu un dzīvnieku materiāla izskalošana krastā.

1.6.3.3. Otrā alternatīva

Otrā Tāšu ezera alternatīva paredz, ka Tāšu ezera ietekas un iztekas tiek pārtīrītas līdz Ālandes upes gultnei, kura tiek padziļināta par 1.5 m (skat. 41. attēlu).



41. attēls. Tāšu ezera 2. alternatīvas shēma (Avots: autora sastādīts, izmantojot *maps.google.lv*)

Pēc upes un meliorācijas grāvju padziļināšanas Tāšu ezerā ir palielinājies un kļuvis vienmērīgs upes un grāvju garenslīpums un aktīvais šķērsriezuma laukums, līdz ar to palielinājusies ūdens noteku caurvades spēja. Tādejādi upes regulētā posmā Tāšu ezerā būtiski izmainās hidrauliskais režīms un palu režīms.

Regulēto gultņu savienojumi ar veco gultni jāprojektē tā, lai līmeņu uzstādinājuma līkņu posmā nepasliktinātos ūdens režīms piegulošajā platībā, bet līmeņu pazeminājumu līkņu posmos gultnes būtu noturīgas.

Pasākuma realizācijas laikā palielinās ezera tilpums, samazinās ezera iekšējā noslodze, un palielinās ūdens organismiem nepieciešamā dzīves telpa, tiek radīti dažādiem organismiem specifiski dzīves apstākļi, piemēram, ziemošanas bedres zivīm u.c. Šāda veida pasākums ir piemērots ezeriem, kuru dziļums mazāks nekā 3 metri un kuros ir uzkrājusies vairāk nekā 3 metrus bieža dūņu kārtā, kas atbilst Tāšu ezera raksturojumam (Urtāne, 2014).

1.6.3.4. Trešā alternatīva

Trešajā alternatīvā tiek paredzēta Tāšu ezerā ietekošo un iztekošo ūdensnoteku pārtīrīšana līdz Ālandes upes gultnei, kura tiek padziļināta par 1.5 m, kā arī mākslīgā mitrāja izveidi 6 ha platībā Ālandes un Zoņu grāvja ietekā Tāšu ezerā kā attēlots 42. attēlā.



42. attēls. **Tāšu ezera 3. alternatīvas shēma** (Avots: autora sastādīts, izmantojot *maps.google.lv*)

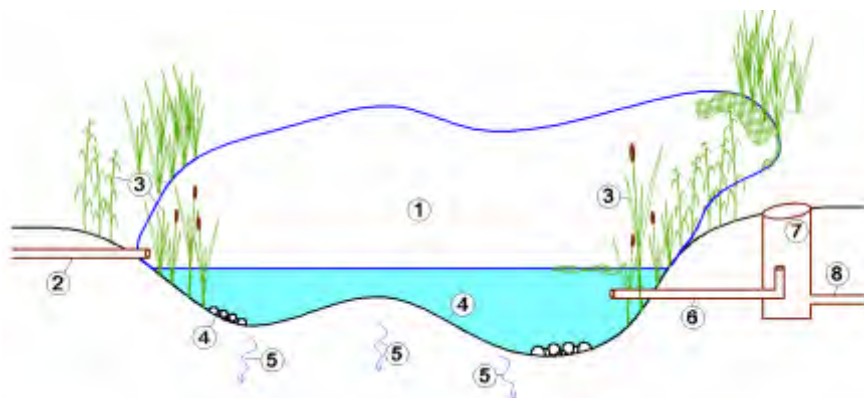
Tā kā Tāšu ezera sateces baseinā ir lielas lauksaimniecībā izmantojamo zemju un meliorēto zemju platības, virszemes noteces mākslīgo mitrāju izbūve ir efektīvs paņēmieni, kā palēnināt ezera antropogēnās eutrofikācijas tempus un būtiski samazināt barības vielu noteci uz ezeru, kas veicina ezera aizaugšanu (Urtāne, 2014).

Lauksaimniecības notecē dominē slāpekļa un fosfora savienojumi, kā arī iespējama augu aizsardzības līdzekļu, pesticīdu klātbūtne. Šie savienojumi kopā ar organiskajām daļiņām un erodētās augsnes daļiņām pastiprina eutrofikāciju ezerā un veicina tā aizaugšanu.

Mākslīgais mitrājs, kas tiktu izveidots kā neliela ūdenskrātuve 6 ha platībā pie Ālandes upes un Zoņu grāvju iztekas Tāšu ezerā, akumulētu lielu daļu no organiskajiem

savienojumiem, ko uzņem šīs ūdensnotekas no apkārtnē esošajām lauksaimniecības zemēm. Mitrājā esošie ūdens augi uzņem izšķīdušo fosforu un slāpekli, ko izmanto savā augšanas procesā, tādējādi veidojot augu biomasu mitrājā. Ar šo pasākumu tiktu samazināta augu barības vielu ieplūde Tāšu ezerā un ezera ūdeņu eutrofikācija (Grinberga, Jansons, 2012).

Paredzēts veidot virszemes mākslīgo mitrāju, kur ūdens attīršanās procesi norit vaļējā ūdens slānī ar ieteicamo dziļumu 0.25 – 2 m. Tādi virszemes plūsmas mitrāji, kāds attēlots 43. attēlā, piemērots notekūdeņu attīršanai, kur pieļaujama virsējās kārtas sasalšana un attīršanās procesa sezonāla palielināšanās gada aukstajā periodā.



43. attēls. **Virszemes plūsmas mitrāja shēma** (1. Virszemes plūsmas mitrājs. 2. Meliorācijas sistēmā savākto ūdeņu ieplūde mitrājā. 3. Ūdensaugi. 4. Mitrāja pamatne. 5. Infiltrācija gruntsūdeņos. 6. Izplūde. 7. Ūdens līmeņa regulēšanas būve. 8. Izplūde tālāk virszemes ūdeņos (Tāšu ezerā)) (Avots: L. Grinberga. V. Jansons. *Mākslīgie mitrāji piesārņojuma samazināšanai* (2012))

Ūdens seklākajā slānī līdz 0.5 m dziļumam notiek organisko vielu bioloģiskā noārdīšanās skābekļa klātbūtnē (aerobie procesi), bet dziļākajos slāņos, kur skābekļa saturs ir mazāks, darbojas anaerobās baktērijas (Grinberga, u.c., 2012).

Mitrāju novieto tā, lai ūdeņi tajā tiktu iepludināti gan pa ūdensnoteku ietekām, gan arī ar virszemes noteci. Attīrīto ūdeņu izplūdei no mitrāja jāparedz būve ūdens līmeņa regulēšanai. Attīrīto ūdeņu ievadīšanai Tāšu ezerā var izmantot vaļēju grāvju vai cauruļvadu sistēmu. Mitrāja ūdens plūsma netiek nodalīta no gruntsūdeņiem, nav nepieciešama hidroizolācija, noteci mitrājā ievada ar pašteci, nav nepieciešama ūdens pārsūkšanās, netiek patērēta elektroenerģija, mitrāja izbūvei iespējams izmantot tuvumā pieejamos materiālus. Mitrāja spoguļa laukumam vajadzētu sasniegt 10% no sateces baseina laukuma, lai funkcionētu apmierinoši, tas ātri nepiesērētu ar

suspendētām augsnes daļiņām un pietiekami efektīvi akumulētu biogēnos elements (Grinberga, Jansons, 2012).

Tāšu ezera apsaimniekošanas plānā paredzami darbi attēloti 44. attēlā.



44. attēls. Tāšu ezera apsaimniekošanas plānā paredzami darbi (Avots: autora sastādīts, izmantojot maps.google.lv)

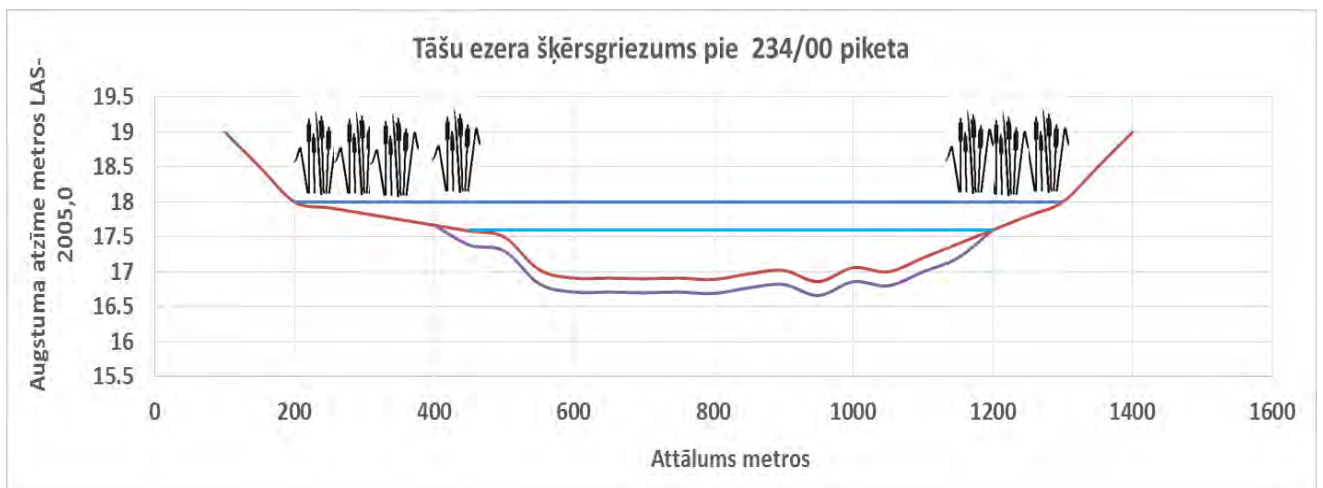
Tāšu ezera apsaimniekošanas plānā paredzamo darbu apzīmējumi:

1. Hidromezgla - meniņa rekonstrukcija, šahatas malu maksimālā augstuma atzīme 17,8 m pēc LAS-2000,5, pārplūdes daļā trijstūrveida pārgāzne ar min augstuma atzīmi 17,6 pēc LAS-2000,5. Hidromezgla rekonstrukcija mērķis ir nodrošināt Ālandes upes un Zoņu grāvja funkciju atjaunošanu un lauksaimniecības zemju funkcionalitātes atjaunošanu augšpus Tāšu ezera.
2. Pārtīrāmie Tāšu ezerā ietekošo grāvju un Ālandes upes gultņu posmi. Paredzēta Tāšu ezerā ietekošo grāvju un Ālandes ietekas un iztekas gultņu padziļināšanas darbi, līdz atzīmei 16,60 - 16,40, tādējādi mazinot plūdu riskus Tāšu ezeram apkārt esošajām zemēm.
3. Mākslīgais mitrājs slāpekļa un fosfora, kā arī sedimentu uztveršanai pirms Ālandes upes un Zoņu grāvja ūdens nonākšanas Tāšu ezerā.



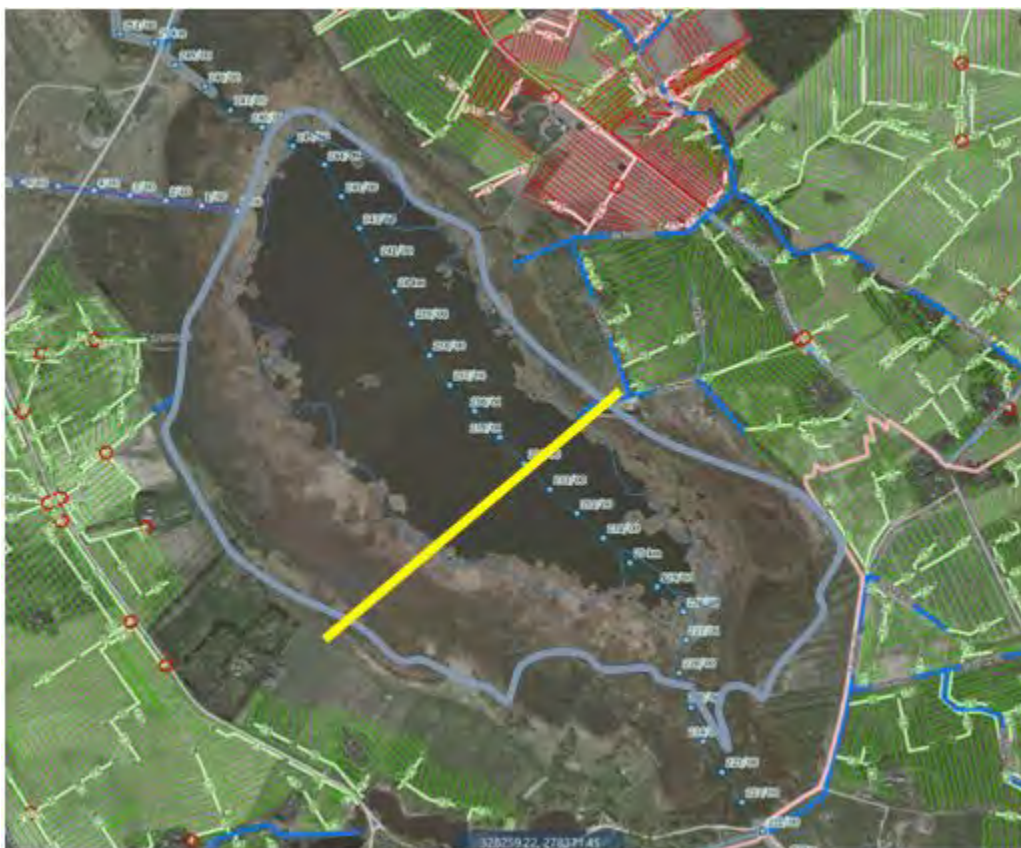
4. Tāšu ezera spoguļvirsmas laukums pie normālā ūdens līmeņa 17,6 m LAS-2000,5 (ja tiek īstenoti 1.-3. punktā aprakstītie pasākumi).
5. Tāšu ezera pavasara palu ar 1% varbūtību applūstošo teritoriju robeža 17.95 m LAS-2000,5 (ja tiek īstenoti 1.-3. punktā aprakstītie pasākumi).
6. Peldvietas zona, kur paredzēts piebraucamais ceļš un labiekārtots ezera krasts peldvietas vajadzībām.

Pēc 1.-3. punktā minēto darbu pabeigšanas Tāšu ezera dziļums būs 1-1.2 metri, savukārt, krasta joslas, kur pašlaik atrodas monolītas niedru audzes transformēsies paliēnu pļavās, tādējādi palielinot bioloģisko daudzveidību Tāšu ezera dabas lieguma teritorijā (skat 45. un 46. attēlu).



45. attēls. Tāšu ezera šķērs griezumā pie 234/00 piketa (Avots: autora sastādīts)

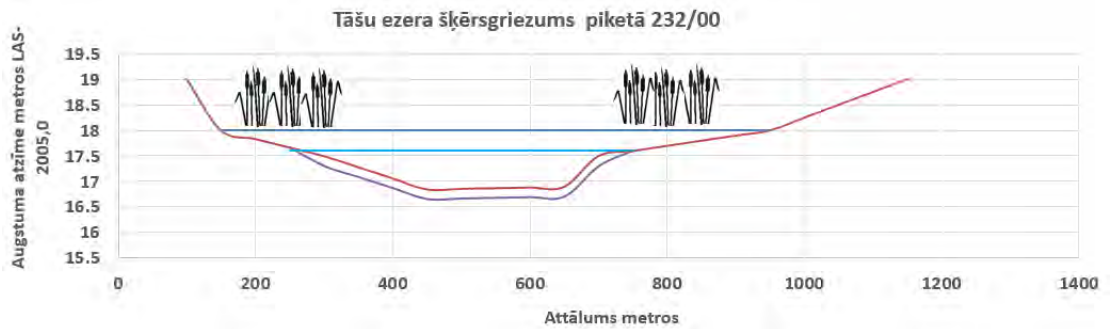
45. attēlā ar gaiši zilu ir attēlots normālais ūdens līmenis pie augstuma atzīmes 17.60, ar tumši zilu līniju attēlota pavasara palu aplūšanas robeža pie augstuma atzīmes 17.95, savukārt ar brūnu līniju attēlota ezera ielejas gultne, bet ar violetu līniju – dūņu slānis Tāšu ezerā šķērs griezumā pie 234/00.



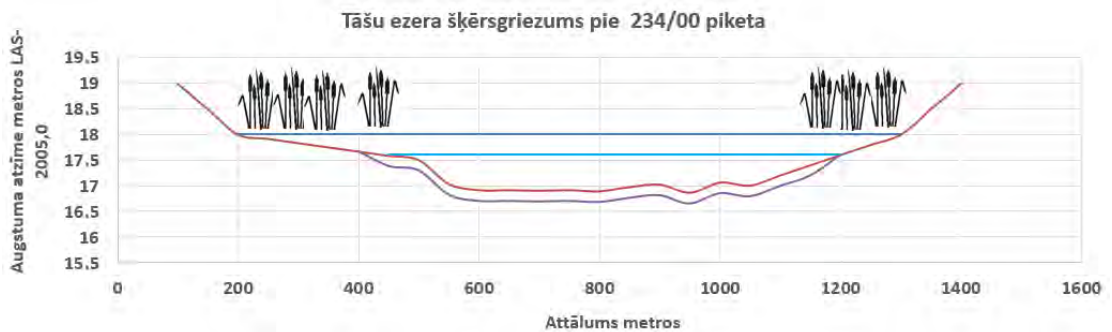
46. attēls. Tāšu ezera spoguļvirsmas laukums (1) ar tumši zilu līniju – pie augstuma atzīmes 17,6 m; 2) ar gaiši zilu līniju – pavasara palu applūšanas robeža pie 17,95; 3) ar dzeltenu līniju – šķērsriezums piketā 234/00) (Avots: autora sastādīts, izmantojot maps.google.lv)

2. Sākotnējās prognozes rezultātu potenciālā ietekme uz dabas vērtībām un saimniecisko darbību

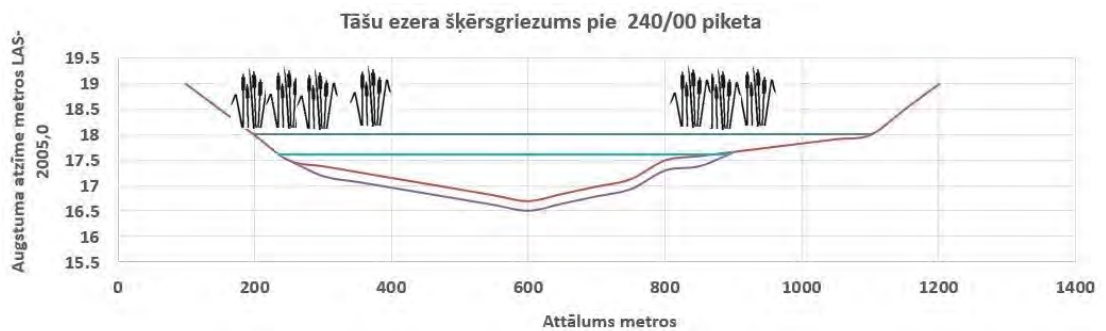
Tika sastādīti arī Tāšu ezera gultnes šķērsriezumi piketos, kur attēlota ezera gultne, dūņu slānis un ūdens līmenis pie ūdens līmeņa atzīmēm 17.60 m un 18.00 m, kas uzskatāmi parāda sagaidāmo ūdens līmeņa izmaiņu ezerā un ietekmētās zonas (skatīt 17., 18., 19., 20., 21. attēlu).



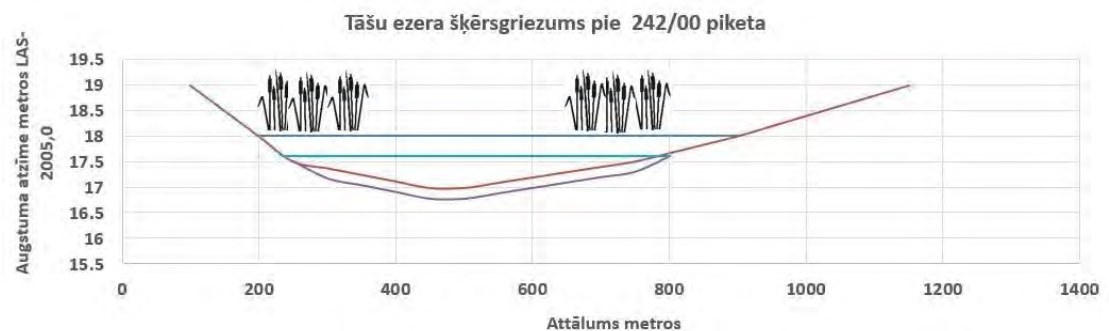
47. attēls. **Tāšu ezera šķērsgriezums pietā 232/00.** Apzīmējumi: ar gaiši zilu līniju – ŪL 17.60 m; ar tumši zilu līniju – ŪL 18.00 m (*Avots: autora sastādīts*)



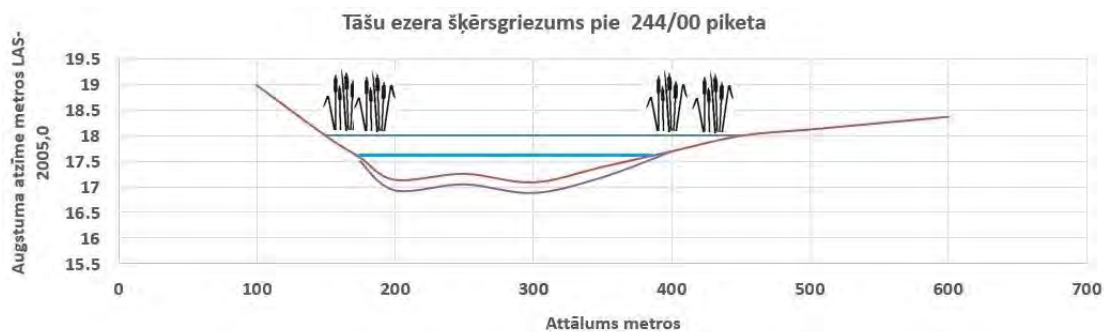
48. attēls. **Tāšu ezera šķērsgriezums pietā 234/00.** Apzīmējumi: ar gaiši zilu līniju – ŪL 17.60 m; ar tumši zilu līniju – ŪL 18.00 m (*Avots: autora sastādīts*)



49. attēls. **Tāšu ezera šķērsgriezums pietā 240/00.** Apzīmējumi: ar gaiši zilu līniju – ŪL 17.60 m; ar tumši zilu līniju – ŪL 18.00 m (*Avots: autora sastādīts*)



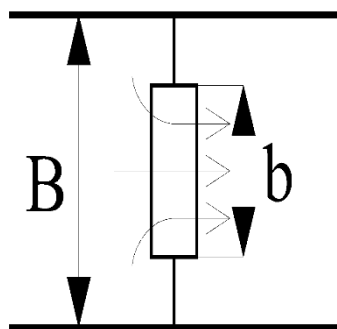
50. attēls. **Tāšu ezera šķērsgriezums pietā 242/00.** Apzīmējumi: ar gaiši zilu līniju – ŪL 17.60 m; ar tumši zilu līniju – ŪL 18.00 m (*Avots: autora sastādīts*)



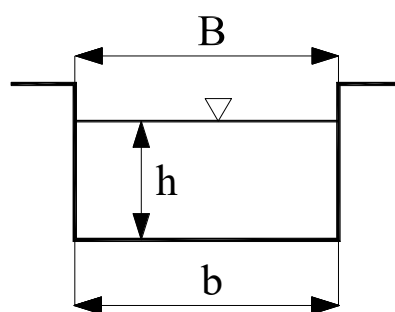
51. attēls. Tāšu ezera šķērsgriezums piketā 244/00. Apzīmējumi: ar gaiši zilu līniju – ŪL 17.60 m; ar tumši zilu līniju – ŪL 18.00 m (Avots: autora sastādīts)

Saskaņā ar 2015. gada 30. jūnija Ministru kabineta noteikumiem Nr. 329 “Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves” 1. pielikumu lauku AIV kategorijas ceļu un caurteku caurvades spējai ir jānodrošina pavasara palu maksimālā caurplūduma ar 3% pārsniegšanas varbūtību caurvade. Pēc aprēķinu rezultātiem $Q_{pp3\%}=14.03 \text{ m}^3/\text{s}$

Tāšu ezera lejtecē ir ierīkota ūdens regulēšanas būve – caurteka – regulators. Šī hidrotehniskā būve sastāv no neapplūdinātas taisnas pārgāznes (skat. 52. attēlu) un taisnstūrveida kanāla (skat. 53. attēlu) lejas bjefā. Ar pārgāznes palīdzību Tāšu ezerā ir jāuztur ūdens līmenis 17.60 metri (LAS 2000.5). Tāšu ezera pavasara palu maksimālais caurplūdums ar 1% pārsniegšanas varbūtību, ņemot vērā Tāšu ezera ietekmes koeficientu, ir $Q_{pp1\%}=11.54 \text{ m}^3/\text{s}$.



52. attēls. Taisna pārgāzne



53. attēls. Taisnstūrveida gultnes šķērsgriezums

Nemot vērā šos lielumus, veikts taisnstūrveida gultnes hidrauliskais aprēķins:

$$\omega = b \cdot h ; \quad (34)$$

$$\chi = (b + 2h\sqrt{1 + m^2}) ; \quad (35)$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} ; \quad (36)$$

kur ω – straumes aktīvais šķērsriezuma laukums, m²;

b – grāvja gultnes platums, m;

m – nogāžu slīpuma rādītājs;

h – ūdens dziļums, m;

χ – apslāpētais perimetrs, m;

R – hidrauliskais rādiuss, m;

$$\omega = b \cdot h = (2.5 \cdot 1.41) = 3.53 \text{ m}^2$$

$$\chi = (b + 2h) = (2.5 + 2 \cdot 1.41) = 5.32 \text{ m}$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{3.53}{5.32} = 0.66 \text{ m}$$

3. Pasākumi Tāšu ezera hidroloģiskā režīma uzlabošanai/optimizēšanai

Šajā nodaļā ir apkopoti hidrotehniskio aprēķinu un hidrodinamiskās modelēšanas rezultāti par caurtekas-regulatora ieteicamajiem parametriem, sniegtas rekomendācijas caurtekas regulatora rekonstrukcijas vai pārbūves nepieciešamībai, prognozēti nākotnes hidroloģiskā režīma izmaiņu scenāriji, sniegti priekšlikumi Tāšu ezera ūdens līmeņa optimizācijas pasākumi pie atšķirīgiem hidrometeoroloģiskajiem pasākumiem, kā arī sniegts izvērtējums papildus ūdens novades būves uzstādīšanas nepieciešamība. Veicot modelēšanas un optimizācijas aprēķinus par pamatu tiek izmantots ezera ūdens bilances vienādojums:

$$A(h) \frac{dh}{dt} = Q_{in} - Q_{out}(h) + Q_{gwin} - Q_{gwout} + (P - E)A(h) \quad (37)$$

kur, A - ezera virsmas laukums, kas ir tieši atkarīgs no ūdens līmeņa (h) ezerā;

Q_{in} -- ietekošā virszemes ūdens plūsma;

Q_{out} - iztekošā virszemes ūdens plūsma, kas ir tieši atkarīga no ūdens līmeņa (h) ezerā;

h - ezera ūdens līmenis;

Q_{gwin} - ietekošā gruntsūdens plūsma;

Q_{gwout} - iztekošā grunts ūdens plūsma;

P - nokrišņi;

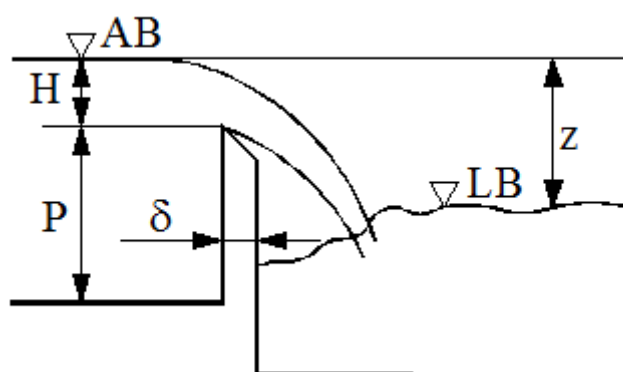
E - summārā iztvaikošana.

3.1. Caurtekas-regulatora ieteicamie parametri

Tāšu ezers ir neatņemama valsts nozīmes meliorācijas sistēmas Ālandes upe (ŪSIK 3422:0) sastāvdaļa, kas saskaņā ar Meliorācijas likumu “nodrošina zemes uzlabošanu, kas mazina klimatisko apstākļu nelabvēlīgo ietekmi un nodrošina dabas resursu ilgtspējīgu izmantošanu”, Tāšu ezera iztekai ir jānodrošina tāds hidrauliskais režīms, kas ļauj atjaunot zemju, kas atrodas valsts nozīmes ūdensnotekas Ālandes upe posmā no iztekas līdz ietekai Tāšu ezerā, mitruma režīmu un izmantošanas iespējas lauksaimniecības, mežsaimniecības un citām vajadzībām.

Saskaņā ar 2015. gada 30. jūnija Ministru kabineta noteikumiem Nr. 329 “Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves” 1. pielikumu lauku AIV kategorijas ceļu un caurteku caurvades spējai ir jānodrošina pavasara palu maksimālā caurplūduma ar 3% pārsniegšanas varbūtību caurvade. Pēc aprēķinu rezultātiem $Q_{pp3\%}=14.03 \text{ m}^3/\text{s}$.

Galvenais uzdevums pārgāznes pie caurtekas/regulatora hidrauliskā aprēķinā ir noteikt pāri pārgāznei aiztekošo caurteces daudzumu. Aplūkota taisnstūra pārgāznei ar plānu sienu un bez sānu sašaurinājuma (skat. 54. attēlu). Lai noteiktu pārgāznes caurplūdi, tiek ņemti vērā iepriekš noteiktie lielumi un veikts pārgāznes hidrauliskais aprēķins.



54. attēls. Taisnstūra pārgāzne ar plānu sienu aprēķina konceptuālā shēma

Pārgāznes caurplūdums aprēķināts pēc formulas:

$$Q = mb\sqrt{2g}H^{\frac{3}{2}} = mb\sqrt{2g}H_0^{\frac{3}{2}} \quad (38)$$

kur

Q – pārgāznes caurplūdums, m^3/s ;

g – brīvās krišanas paātrinājums, m/s^2 ;

H – ūdens līmenis pirms pārgāznes, m ;

b – pārgāznes platums, m ;

m – pārgāznes caurplūduma koeficients;

3. tabula. Ūdens līmeņa paaugstinājums pie caurtekas/regulatora pārgāznes pie dažādiem pārgāznes platumiem (Avots: autora sastādīts)

Varbūtība (%)	Caurplūdums	Ūdens līmeņa paaugstinājums pie pārgāznes platuma 0.8 m	Ūdens līmeņa paaugstinājums pie pārgāznes platuma 2.0 m
	(m ³ /s)	m (LAS 2000,5)	m (LAS 2000,5)
Pavasara palu maksimālie caurplūdumi			
1	17.115	>2.0m	>2.0m
3	14.03	>2.0m	>2.0m
5	12.665	>2.0m	>2.0m
10	10.782	>2.0m	>2.0m
Vasaras – rudens plūdu caurplūdumi			
2	12.404	>2.0m	>2.0m
10	8.026	>2.0m	1.94 m
Vasaras pusgada vidējais caurplūdums			
50	0.458	0.53	0.29
Vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums			
75	0.012	0.05	0.03
85	0.008	0.04	0.02
95	0.005	0.03	0.01
Ziemas mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums			
75	0.010	0.04	0.03
85	0.005	0.03	0.01
95	0.002	0.01	0.01

Caurtekas-regulatora esošā dimensija pēc nelikumīgas pārbūves darbu veikšanas nav atbilstoša pavasara palu ūdens novadīšanai, jo veido uzstādīnājumu, kas ir vairāk nekā 2 metri jeb vairāk nekā 19.60 m LAS 2000,5, kas savukārt rada draudus autoceļa V1192 “Apriķi-Cīrava-Medze” ceļa klātnes stabilitātei. Pašreizējās caurtekas/regulatora dimensijas nespēj novadīt vasaras vidējo caurplūduma apjomu, kas ir 0.458 m³/s, pie kura veidojas uzstādīnājums 0.53 m (sk.3.tabulu).

3.2.Caurtekas-regulatora rekonstrukcijas vai pārbūves nepieciešamību

Caurtekas/regulatora pārbūve nepieciešama, lai likvidētu nelikumīgas būvniecības sekas un atjaunotu caurtekas/regulatora dimensijas, kas nodrošina Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves" noteiktās prasības, kur:

Ūdensnoteka un novadgrāvis nodrošina:

21.1. aplēses caurplūduma – pavasara palu maksimālo caurplūdumu ar 10 % pārsniegšanas varbūtību – izvadīšanu pa izvēlēto šķērsriezumu, neappludinot

apkārtējās tīrumu platības, vai atkarībā no zālāju sugas pieļaujot zālāju īslaicīgu applūšanu ne ilgāk par 10 līdz 30 diennaktīm;

21.2. aplēses caurplūduma – vasaras - rudens plūdu maksimālo caurplūdumu ar 2 % pārsniegšanas varbūtību – izvadīšanu pa izvēlēto šķērsriezumu, neappludinot apkārtējos tīrumus un ganības;

21.3. pārbaudes caurplūduma – vasaras - rudens plūdu maksimālo caurplūdumu ar 10 % pārsniegšanas varbūtību – izvadīšanu pa izvēlēto šķērsriezumu, neappludinot apkārtējās pļavas vai mežus;

21.4. lai vasaras pusgada vidējie ūdens līmeņi ūdensnotekā vai novadgrāvī garantētu nosusināšanas tīkla (drenāžas, susinātājgrāvju, kontūrgrāvju, ceļa grāvju) aplēses caurplūduma uztveršanu un novadīšanu bez ūdens līmeņa uzstādījuma.

Iepriekšminētos nosacījumus ir iespējams sasniegt, ja caurtekai/regulatoram demontē nelikumīgi piebūvēto pārgāzni un nodrošina brīvu ūdens plūsmu caurtekas/regulatora atvērtajā daļā.



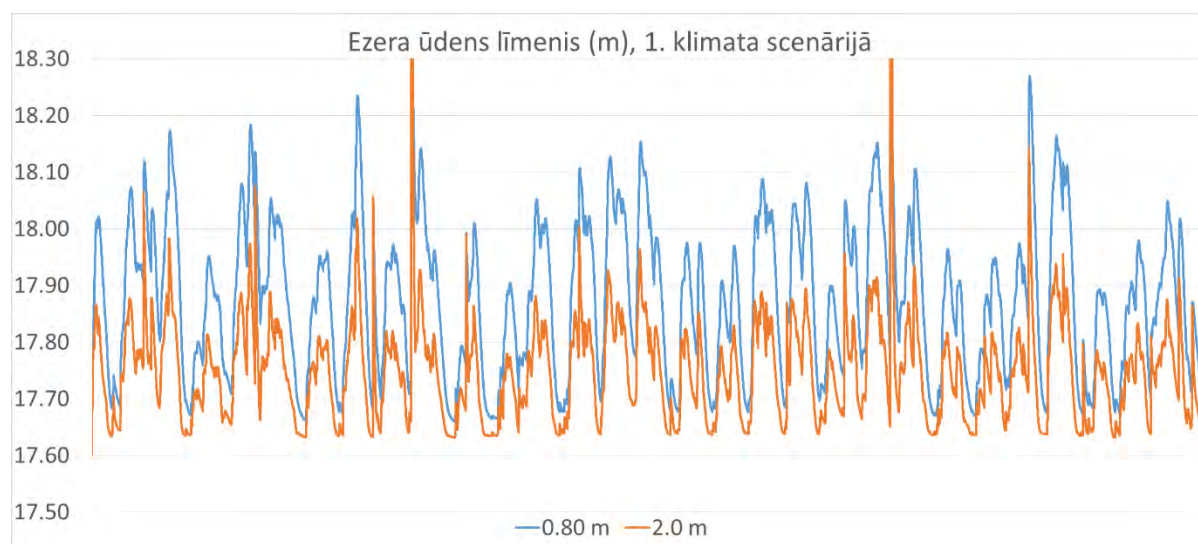
55. attēls. Nelikumīgi pārbūvētā pārgāzne, pa kreisi, atvērta caurtekas/regulatora daļa, pa labi.

Caurtekas/regulatora pārbūves darbu veikšanai nepieciešams veikt inženierizpēti darbus un izstrādāt pārbūves būvprojektu.

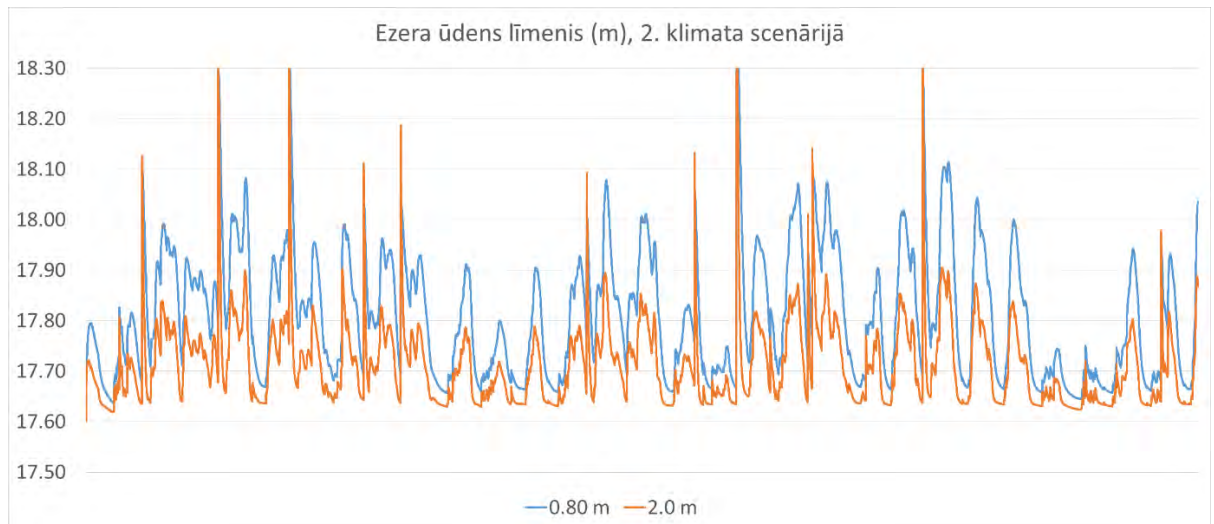
3.3. Prognozēt nākotnes scenāriju ūdens līmeņa izmaiņām

Lai veiktu prognozes Tāšu ezera nākotnes scenāriju ūdens līmeņa izmaiņām tika izmantots konceptuālais hidroloģiskais modelis METQ, kura darbība aprakstīta 1. nodaļā, lai veiktu Tāšu ezera sateces basina diennakts vidējo caurplūdumu modelēšanu nākotnes klimata scenārijiem, savukārt caurplūduma dati tika izmantoti Tāšu ezera ūdens līmeņa modelēšanai pie diviem dažādiem pārgāznes platumiem, proti 0,8m un 2,0m.

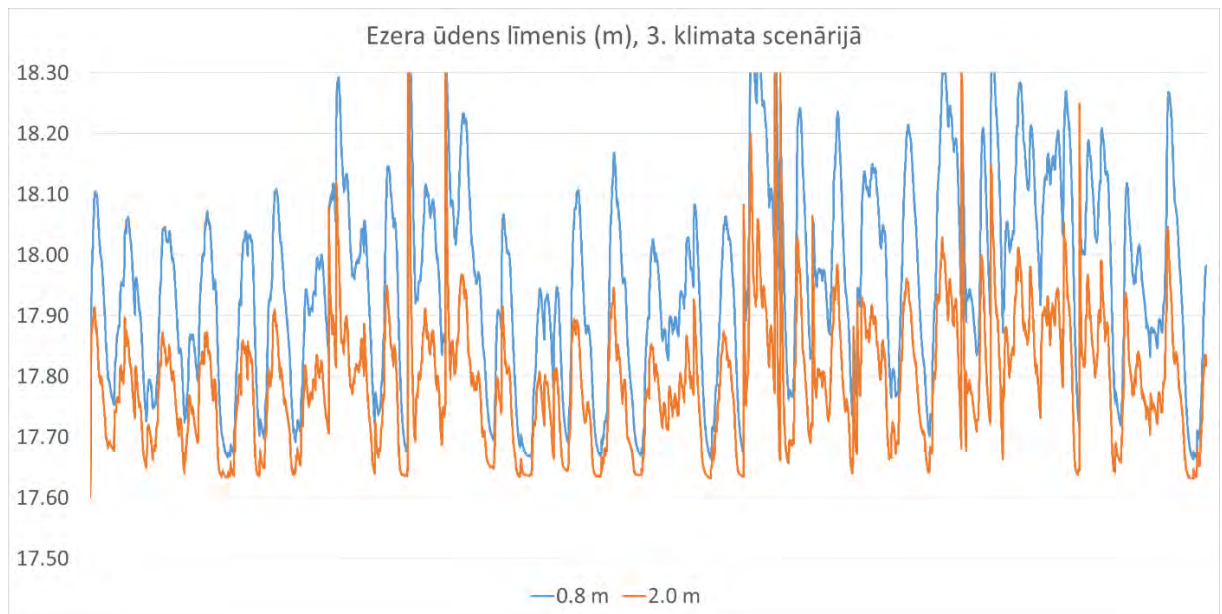
Kā redzams no 56. līdz 60. attēlam, Tāšu ezera ūdens līmeņa svārstības saglabā sezonālu raksturu, kur ūdens līmeņa paaugstināšanās rudens-ziemas periodā, mijās ar ūdens līmeņa pazeminājumu vasarā. Kā redzams visos scenārijos caurtekas/regulatora esošis pārgāznes platums 0,8m nespēj nodrošināt ūdens līmeņa režīmu, kas atbilstu Ālandes upes, ka valsts nozīmes ūdensnotekas funkcijām.



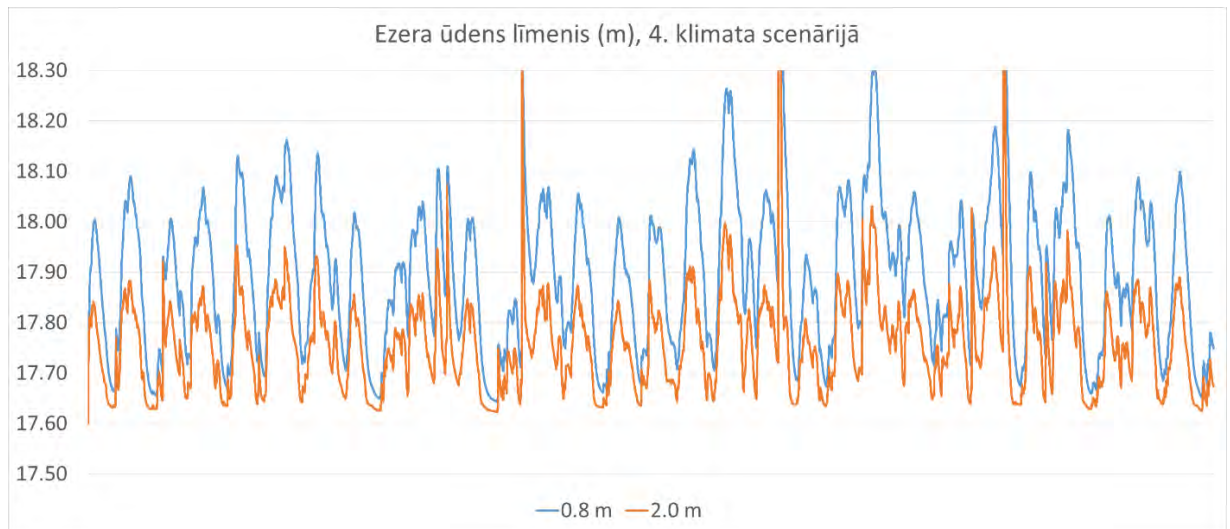
56. attēls. Tāšu ezera ūdens līmeņa izmaiņas pie 1. klimata scenārija



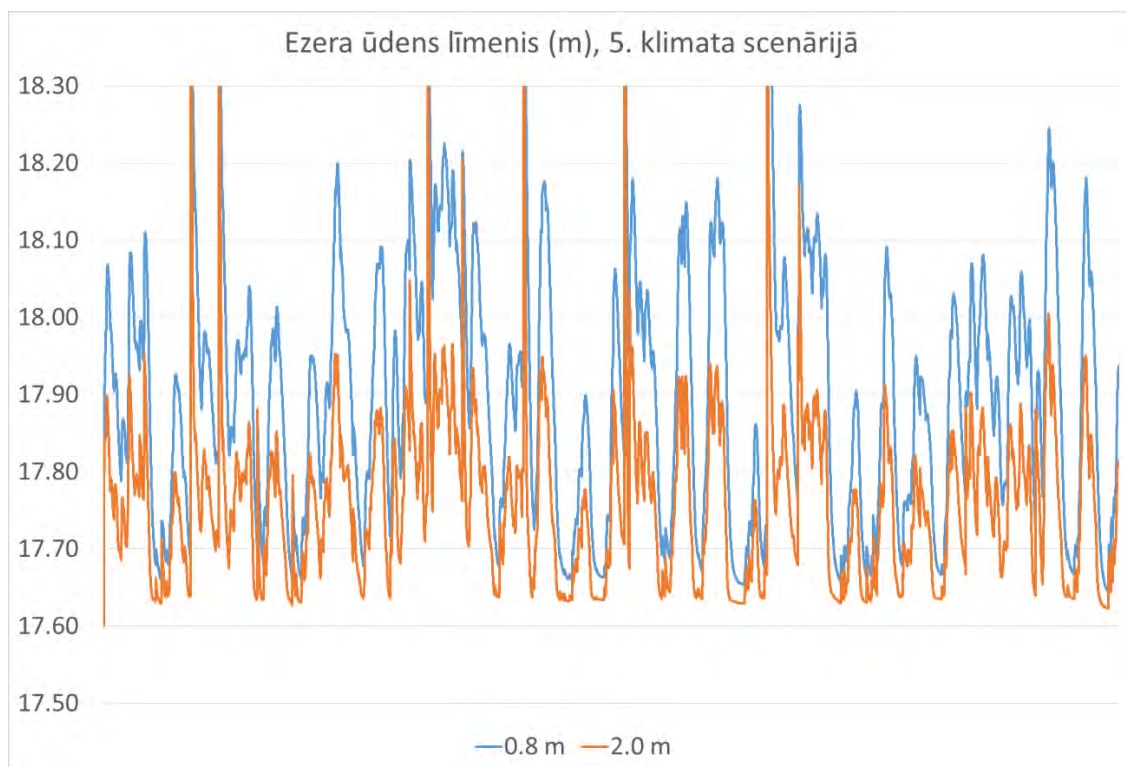
57. attēls. **Tāšu ezera ūdens līmeņa izmaiņas pie 2. klimata scenārijā**



58. attēls. **Tāšu ezera ūdens līmeņa izmaiņas pie 3. klimata scenārijā**



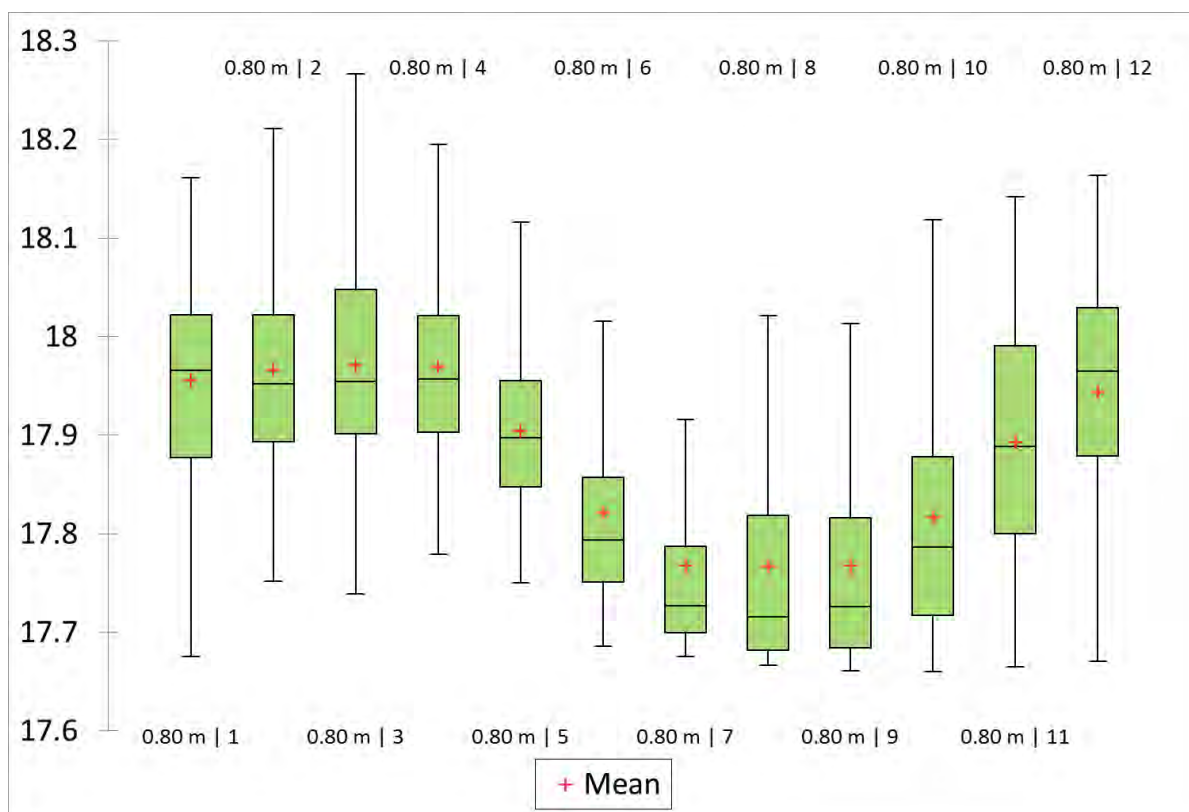
59. attēls. Tāšu ezera ūdens līmeņa izmaiņas pie 4. klimata scenārija



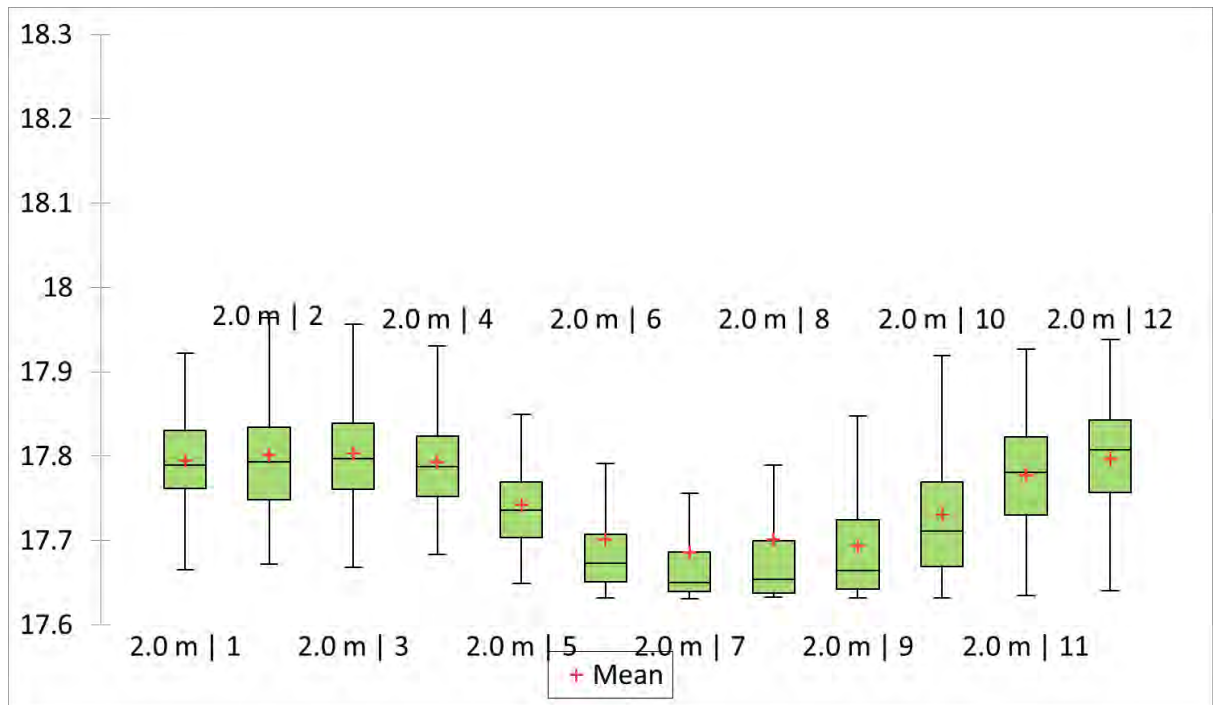
60. attēls. Tāšu ezera ūdens līmeņa izmaiņas pie 5. klimata scenārija

Analizējot Tāšu ezera ūdens līmeņa svārstības gada griezumā, ir redzams, ka nākotnes klimata scenāriju modelētās vērtības pie pārgāznes platuma 0,8 m spēj nodrošināt gada ūdens līmeņa svārstību amplitūdu no 17,60 līdz 18,3 m LAS 2000.5 (skat 61.att.), kas nav pietiekoši, lai nodrošinātu valsts nozīmes ūdensnotekas Ālandes upe funkcionalitāti atbilstoši Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves" noteiktajām normatīvajām prasībām.

Analizējot Tāšu ezera ūdens līmeņa svārstības gada griezumā, ir redzams, ka nākotnes klimata scenāriju modelētās vērtības pie pārgāznes platuma 2,0 m spēj nodrošināt gada ūdens līmeņa svārstību amplitūdu no 17,60 līdz 18,00 m LAS 2000.5 (skat 62.att.), kas ir pietiekoši, lai nodrošinātu valsts nozīmes ūdensnotekas Ālandes upe funkcionalitāti atbilstoši Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves" noteiktajām normatīvajām prasībām.



61. attēls. Tāšu ezera ūdens līmeņa svārstību amplitūda pa mēnešiem pie pārgāznes platuma 0,8m



62. attēls. Tāšu ezera ūdens līmeņa svārstību amplitūda pa mēnešiem pie pārgāznes platuma 2.0 m

3.4. Papildus ūdens regulēšanas hidrobūvju uzstādīšanas nepieciešamības izvērtējums

Papildus ūdens novades būves nav nepieciešamas, ja atbilstoši tiek veikta caurtekas-regulatora pārbūve un ekspluatācija.

Secinājumi un priekšlikumi

Tāšu ezera ūdens līmeni 17,6m nosaka LAS-2000,5 valsts nozīmes ūdensnotekas Ālandes upe un Tāšu ezera sateces baseinā esošo meliorācijas sistēmu darbības pamatrādītāji, kas izriet no Meliorācijas likuma un Latvijas būvnormatīva LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves" noteiktajām prasībām.

Ir jāizstrādā caurtekas-regulatora ekspluatācijas noteikumi, lai nepieļautu valsts nozīmes autoceļa V1192 "Apriķi-Cīrava-Medze" ceļa klātnes bojājumus un tie atbilstu Noteikumiem par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves", kā arī nodrošinātu lauksaimniecībā izmantojamo zemju optimālu mitruma režīmu.

Lai izpildītu Latvijas būvnormatīva LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves" noteiktās prasības ir jānovērš nelikumīgas būvniecības sekas caurtekas-regulatora ietekas daļā.

Ja Tāšu ezera ūdens līmeni plāno uzturēt augstāk par 17,6 m LAS 2000,5 tad pirms valsts nozīmes autoceļa V1192 "Apriķi-Cīrava-Medze" ir jāizbūvē polderis un polderu sūkņu stacija, kas Ālandes upes un Zoņu grāvja ūdeņus pārsūknēs Tāšu ezerā. Tādējādi tiktu nodrošināts optimāls mitruma režīms lauksaimniecībā izmantojamo zemju un meža zemju platībās Tāšu ezera sateces baseinā.

Izmantotā literatūra un avoti

1. Grinberga L., Jansons V. (2012) Mākslīgie mitrāji ūdens piesārņojuma samazināšanai. – Jelgava: LLU. 41. lpp.
2. Kim, D., Ho, H. C., Baranya, S., & Muste, M. (2016). Qualitative and quantitative acoustic mapping of bed form dynamics. *Flow Measurement and Instrumentation*, 50, 80–89.
3. Latvijas Daba. Enciklopēdija. 5. sējums (1998). Rīga: Preses nams. 256 lpp.
4. Muste, M., Yu, K., & Spasojevic, M. (2004). Practical aspects of ADCP data use for quantification of mean river flow characteristics; Part I: Moving-vessel measurements. *Flow Measurement and Instrumentation*, 15(1), 1–16.
5. Ostelis M. (2016) Hidroloģiskais atzinums par Tāšu ezera ūdens līmeņiem un platību.
6. Sarma B. (1990) Hidrometrija, hidroloģija un noteces regulēšana: Mācību līdzeklis LLA hidromeliorācijas specialitātes studentiem. – Rīga: Zvaigzne. 189 lpp. (2014) Ezeri nākotnei: vadlīnijas ezzeru un to vides ilgtspējīgai apsaimniekošanai. – Rīga: Kurzemes plānošanas reģiona administrācija. 111 lpp.
7. Tāšu ezers [Elektroniskais resurss] / Līcīte Vita, 2004. - <https://www.ezeri.lv/database/2304/> - Resurss aprakstīts 2019. Gada 12. decembrī.
8. Zīverts A. (2004) Hidroloģija (Ievads un hidroloģiskie aprēķini): Mācību palīg līdzeklis būvniecības, mežsaimniecības, vides un ūdenssaimniecības specialitātes studentiem. – Jelgava: LLU. 104 lpp.