



Nodevums

“Burtnieku ezera ūdens līmeņu, plūdu un applūšanas izvērtējums”

“Dabas aizsardzības plāna izstrāde dabas liegumam “Burtnieku ezera pļavas”

Autori: Jānis Bikše, Inga Retiķe

2025.g.

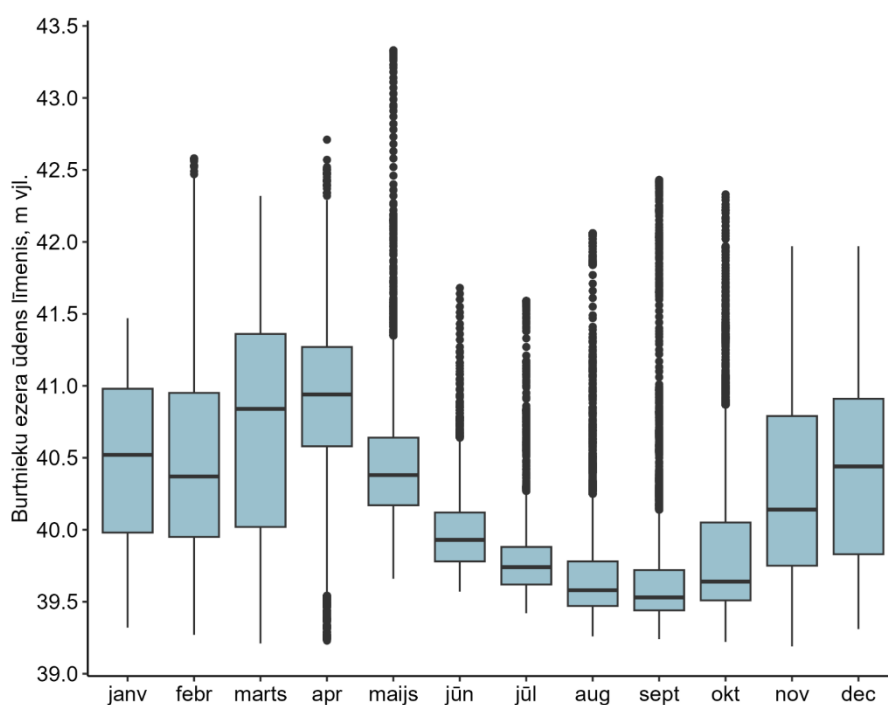
Saturs

<u>1. Ikgadējā ūdens līmeņa ilguma līkne</u>	3
<u>2. Plūdu atkārtotāšanās biežums</u>	7
<u>3. Burtnieku ezera pļavu applūšanas biežums</u>	8
<u>4. Burtnieku ezera pļavu applūšanas biežums vasaras zemūdens periodā</u>	12
<u>Secinājumi</u>	14

1. Ikgadējā ūdens līmeņa ilguma līkne

Datu analīze balstās uz Burtnieku ezera ūdens līmeņa datiem no hidroloģiskās monitoringa stacijas "Burtnieki". Dati iegūti no VSIA "Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs" Vides datu arhīva un tie satur Burtnieku ezera ūdens līmeņa novērojumus sākot no 1946.gada, lai gan ir vairāki laika posmi, kuros novērojumi iztrūkst (lieli iztrūkumi no 1980. līdz 2000.gadam un no 2004. līdz 2017. gadam), tādējādi faktiski dati pieejami par 53 gadiem laika posmā 1946.-2024. gads.

Ilggadīgos datos Burtnieku ezera ūdens līmenis katra mēneša ietvaros gadu no gada var stipri svārstīties (uz to norāda kastīšu izkliede 1. attēlā), bet tendence ir skaidri novērojama – vasaras mēnešos – jūlijā, augustā un septembrī ir novērojami viszemākie ūdens līmeņi, bet marts un aprīlis raksturojami ar visaugstākajiem ūdens līmeņiem (1. attēls).

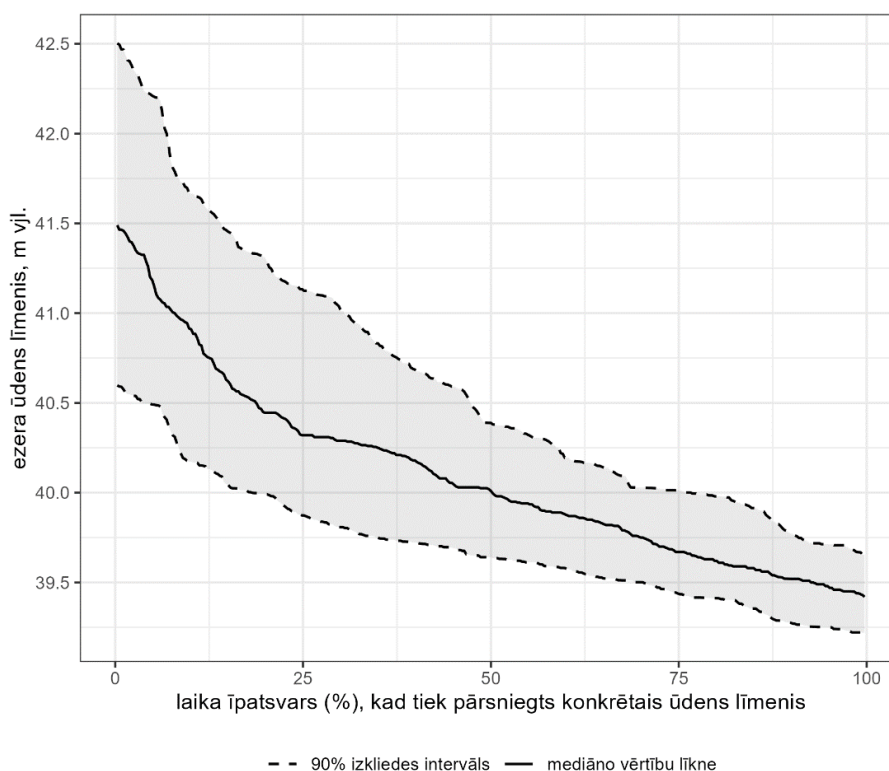


1. attēls. Ilggadīgie ikmēnešu Burtnieku ezera ūdens līmeņi kastīšu diagrammu veidā.

Burtnieku ezera ikgadējā ūdens līmeņa ilguma līkne (2. attēls) izveidota, izmantojot visus pieejamos Burtnieku ezera ūdens līmeņa datus, kas pārvērsti hidroloģiskajos gados (hidroloģiskā gada sākums – 1.oktobris), lai korektāk reprezentētu ezera ūdens līmeņa sezonālās izmaiņas. Šajā analīzē netiek izmantoti to gadu dati, kad ezera ūdens līmeņa novērojumi ir ar būtiskām iztrūkstošām vērtībām, kas var ietekmēt ikgadējo ūdens līmeņa līkni un attiecīgi arī tās interpretāciju. Tika pieļautas līdz 4 dienas gadā ar iztrūkstošām vērtībām, tādējādi no 53 gadu ilgās datu kopas analīzē izmantoti 43 hidroloģiskie gadi.

Burtnieku ezera vidējais ūdens līmenis, kas rēķināts pēc atlasītās derīgo hidroloģisko gadu datu kopas ir 40,21 m vjl.

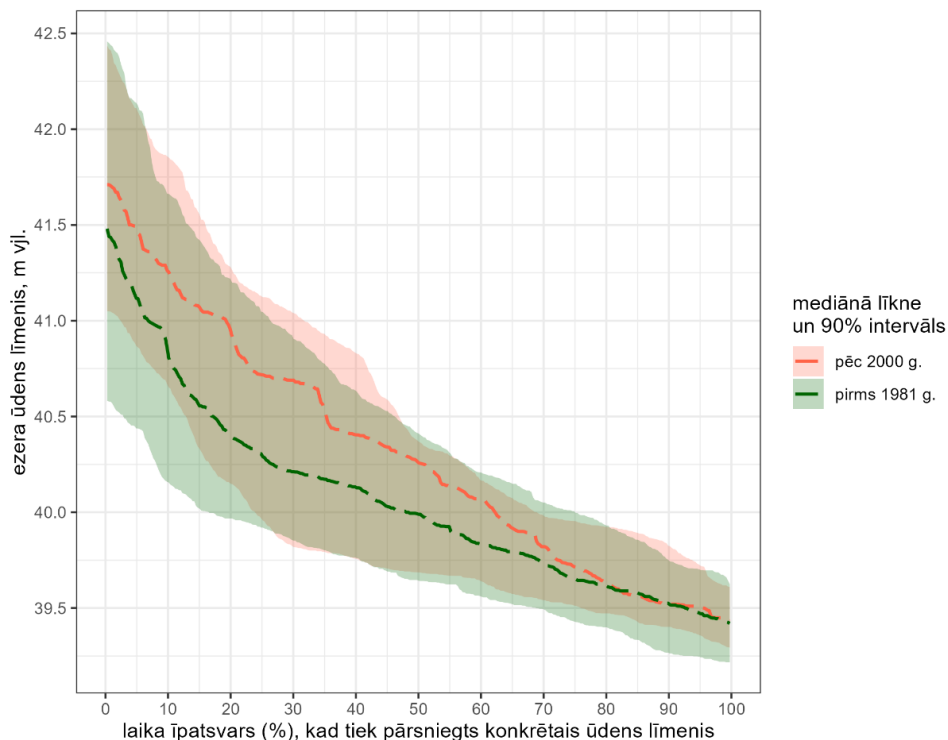
Pēc ūdens līmeņa ilguma līknes (2. attēls) ir nolasāms, ka tipiskā gada griezumā (mediāno vērtību līkne 2. attēlā) Burtnieka ezera ūdens līmenis gandrīz vienmēr (99,7% laika) ir augstāks par 39,42 m vjl., jeb ūdens līmenis vidēji tikai vienu dienu gadā nokrīt zem 39,42 m vjl (bet gadu no gada tas nedaudz atšķiras un 90% intervāls ir 39,2-39,7 m vjl.). Ezera ūdens līmenis 90% laika ir augstāks par 39,52 m vjl., bet pusi no gada, jeb 50% laika ūdens līmenis ir augstāks par 40,0 m vjl. (ezera mediānais ūdens līmenis). Ceturto daļu no gada, jeb 25% no laika ūdens līmenis ir augstāks par 40,32 m vjl., bet 10% no laika jeb aptuveni 36 dienas gadā ūdens līmenis ir 40,91 m vjl. vai augstāks. Statistiski vienu dienu gadā jeb 0,27% no laika ezera ūdens līmenis sasniedz 41,49 m vjl., kas gan gadu no gada var stipri mainīties no 40,6 līdz 42,5 m vjl. (90% izkliedes intervāls, skatīt 2. attēlu). Statistiski vidējā gadā Burtnieku ezera ūdens līmenis vārstās aptuveni 2 metru amplitūdā (39,42 – 41,49 m vjl.). Faktiski šī amplitūda var būt mazāka vai lielāka, ko lielākoties nosaka ūdens daudzums daudzūdens periodā (lielākā izkliede pie augstajiem ūdens līmeņiem 2. attēlā).



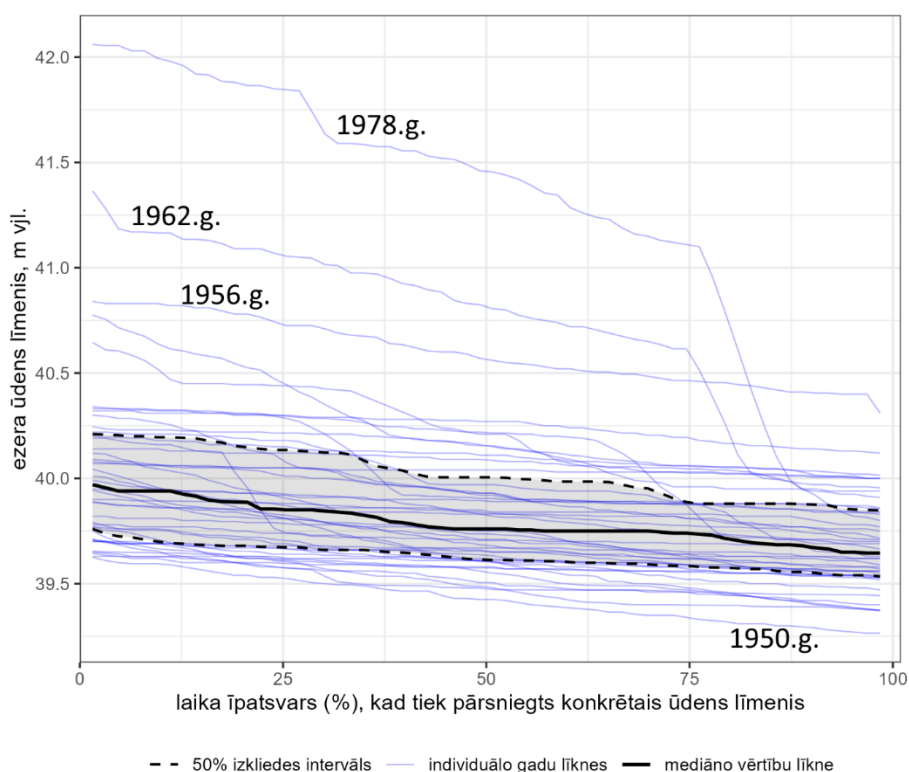
2. attēls. **Burtnieku ezera ūdens līmeņa ilguma līkne** (izstrādāta no 43 hidroloģisko gadu datiem par laika periodu 1947-2023.g.).

Lai novērtētu vai Burtnieku ezera ūdens līmenis ir mainījies kopš 1981.-1984. gadā tika izveidota Silzemnieku poldera sistēma, ir izstrādāta dalīta ezera ūdens līmeņa ilguma līkne,

kur dati ir dalīti divos laika posmos – pirms 1981. gada un pēc 2000. gada (3. attēls). Datu sadalījums abiem posmiem nav vienāds – laika posmam pirms 1981. gada ir izmantoti 34 hidroloģiskie gadi, bet laika posmam pēc 2000. gada ir 9 hidroloģisko gadu dati. Laika posmā no 1981. līdz 2000. gadam ir datu iztrūkums, jo nav pilnu hidroloģisko gadu datu bez būtiskām iztrūkstošām vērtībām. Rezultāti norāda, ka gada zemākie līmeņi nav būtiski mainījušies, salīdzinot laika posmu pirms 1981. un pēc 2000. gada, bet gada augstākie līmeņi ir pieauguši pēc 2000. gada. Lai gan gada mediānais līmenis datos līdz 1981. gadam bija 40,0 m vjl. un pēc 2000. gada tas ir 40,26 m vjl, tomēr 90% izkliedes intervāls ap mediānām vērtībām abos periodos ir principā vienāds, norādot uz kopumā nebūtisku atšķirību. Savukārt ikgadēji augstākie līmeņi ir mainījušies būtiskāk – piemēram, ikgadēji 10% augstākie līmeņi pirms 1981. gada bija 40,81 m vjl, bet pēc 2000. gada tie pieauguši līdz 41,25 m vjl., kā arī 90% izkliedes intervāls ir atšķirīgāks starp abiem periodiem, lai gan kopumā tie lielā daļā pārklājas (3. attēls). Novērotā atšķirība starp abiem periodiem var būt skaidrojama ar Silzemnieku poldera ietekmi – pie augstākiem ezera ūdens līmeņiem polderis sūknē ezerā ūdeni no Silzemnieku poldera, tādējādi nedaudz paaugstinot ezera ūdens līmeni, savukārt gada sausākajos posmos pie zemiem ezera ūdens līmeņiem polderis neveic aktīvu ūdens sūknēšanu ezera virzienā, tāpēc nav novērojamas atšķirības zemajos līmeņos starp abiem aplūkotajiem laika periodiem. Nav izslēgta arī citu faktoru ietekme novērotās atšķirībās starp abiem aplūkotajiem laika periodiem, kā arī jāatzīmē, ka periodu pēc 2000. gada raksturo tikai 9 hidroloģisko gadu dati, kas arī var ietekmēt rezultātu robustumu.



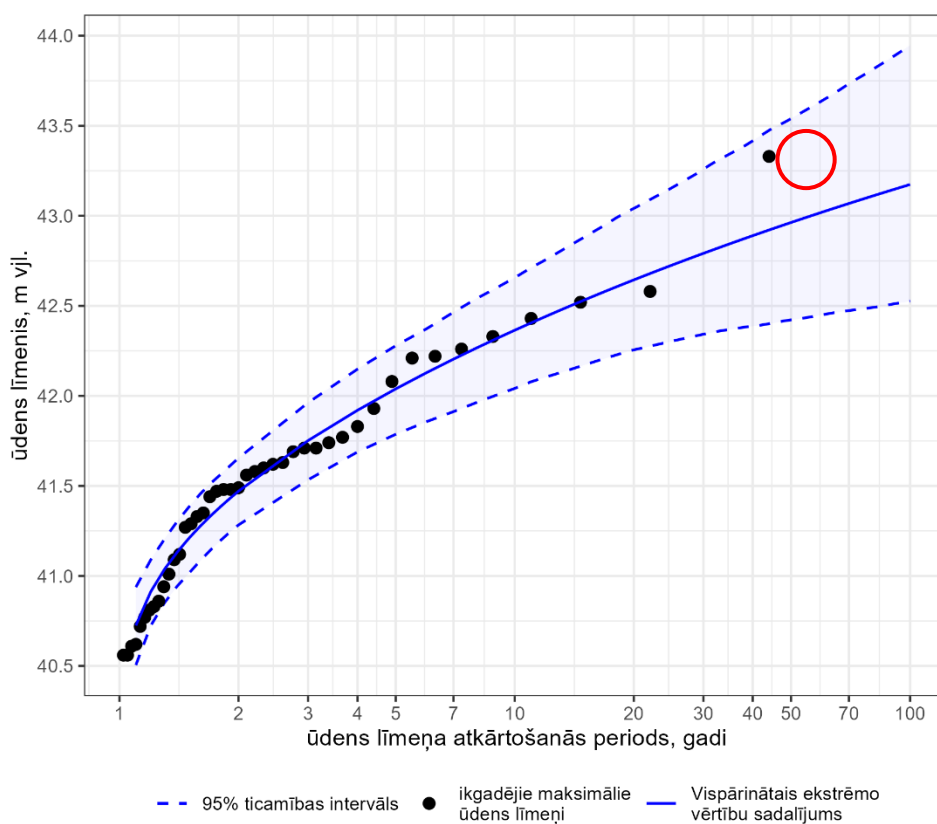
Papildus izvērtēta Burtnieku ezera ūdens līmeņa ilguma līkne vasaras mazūdens periodam – jūlijam un augustam, kad tipiski novērojami zemāki ūdens līmeņi. Kopumā ilggadīgie ūdens līmeņi jūlijā-augustā ir stabili ar mediāno vērtību 39,76 m vjl., kas mainās nelielā intervālā no 39,65 līdz 39,97 m vjl. (skatīt 4. attēlu), norādot ka tipiskā jūlijā-augustā Burtnieka ezera ūdens līmenis patstāvīgi būs zemāks par 40 m vjl., bet augstāks par 39,65 m vjl., savukārt ņemot vērā 50% izkliedes intervālu ūdens līmenis jūlijā-augustā parasti būs robežās no 39,5 līdz 40,2 m vjl. Individuāli gadi var būt izlecoši no statistiski vidējiem skaitļiem (zilās līnijas 4. attēlā). Būtiski zemāki līmeņi parasti jūlijā-augustā nav novērojami – viszemākais ūdens līmenis novērots 1950.gadā, kad mediānais ūdens līmenis jūlijā-augustā bija 39,43 m vjl. (minimālais līmenis 39,27 m vjl.) Savukārt vairāki gadi ir izcēlušies ar vasarai neraksturīgi augstu ūdens līmeni jeb plūdiem (zilās līnijas 4. attēlā) – visaugstākais ūdens līmenis jūlijā-augustā ir novērots 1978.gadā, kad mediānais ūdens līmenis mazūdens periodā sasniedza 41,46 m vjl. (maksimālais 42,06 m vjl.), kam seko 1962. gads (mediānais/maksimālais 40,82/41,36 m vjl.) un 1956.gads (40,57/40,84 m vjl.).



4. attēls. Burtnieku ezera ūdens līmeņa ilguma līkne mazūdens periodam: jūlijam-augustam (izstrādāta no 43 gadu datiem par laika periodu 1947-2023.g.).

2. Plūdu atkārtotības biežums

Burtnieku ezera plūdu atkārtotības perioda prognozēšanai izmantota vispārinātais ekstremālo vērtību sadalījuma statistiskais modelis, kas ir viena no izplatītākajām metodēm plūdu atkārtotības biežuma analīzei¹. Līdzīgi kā ikgadējā ūdens līmeņa ilguma līknes aprēķinā, arī vispārināto ekstremālo vērtību sadalījuma modelī izmantoti 43 gadu hidroloģiskie dati ar Burtnieku ezera ūdens līmeni, kuros nav būtisku datu iztrūkumu. Šajā modelī tiek izmantoti katra gada maksimālie ezera ūdens līmeņi, kas tiek piekārtoti atbilstoši vispārināto ekstremālo vērtību sadalījumam. Rezultāts vizualizēts 5. attēlā, kurā attēlota ne tikai modeļa prognoze (zilā nepārtrauktā līnija), bet arī modeļa 95% ticamības intervāls, jeb modeļa nenoteiktība. Pēc šī grafika nolasāms ar kādu laika periodu var atkārtoties noteikta augstuma ezera ūdens līmeņi.



5.attēls. Plūdu atkārtotības biežuma modelis Burtnieku ezera maksimālajiem ūdens līmeņiem (ar sarkanu apvilks 1956.gada augstākais ūdens līmenis).

Plūdu atkārtotības biežuma analīze pēc vispārinātā ekstremālo vērtību sadalījuma modeļa norāda, ka:

- reizi 5 gados ezera ūdens līmenis sasniedz 42,04 m vjl
- reizi 10 gados ezera ūdens līmenis sasniedz 42,36 m vjl.

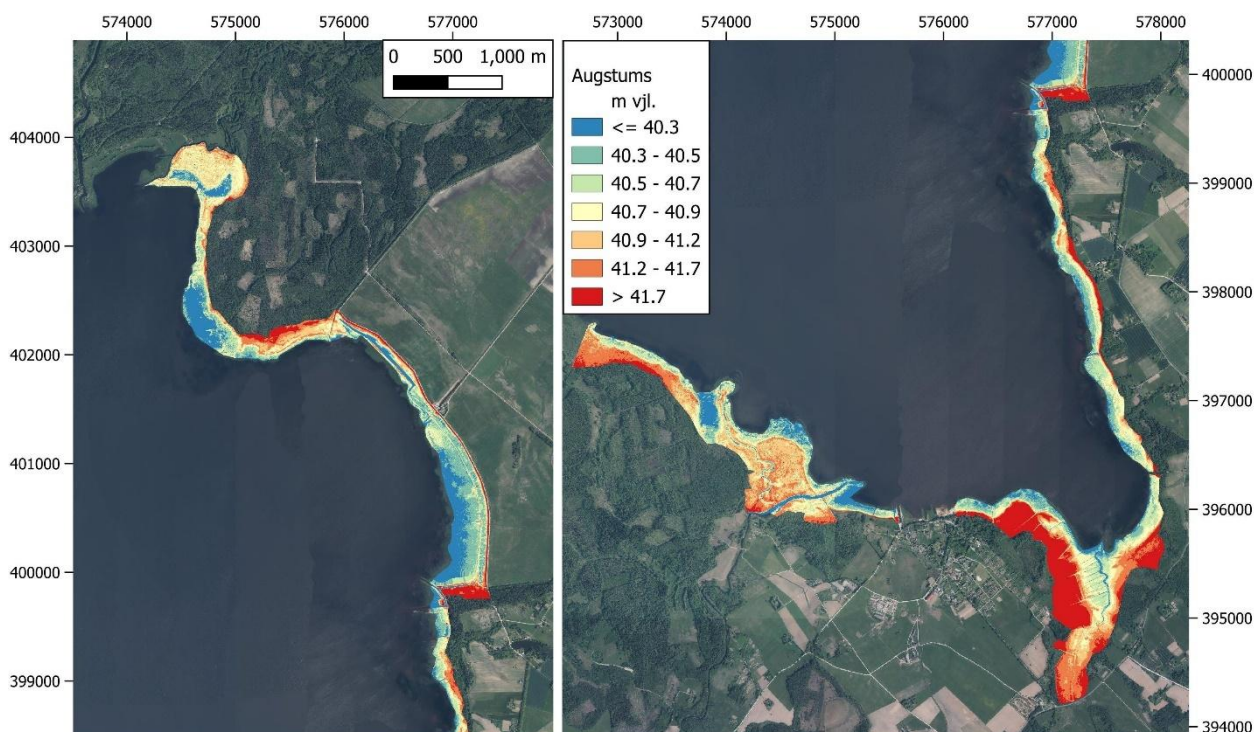
¹ <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.9941>

- reizi 50 gados ezera ūdens līmenis sasniedz 42,96 m vjl.
- reizi 100 gados ezera ūdens līmenis sasniedz 43,17 m vjl.

Jāatzīmē, ka šiem rezultātiem pastāv liela nenoteiktība, it īpaši prognozēm, kas pārsniedz 50 gadu atkārtšanās periodu (5. attēls). Burtnieku ezera hidroloģisko datu kopā augstākais ezera ūdens līmenis reģistrēts 1956.gada 5. un 6. maijā, kad tas sasniedza 534 cm virs stacijas nulles atzīmes, jeb 43,33 m vjl. Atbilstoši izstrādātajam statistiskajam plūdu modelim šāds ūdens līmenis ir ar atkārtšanās periodu 176 gadi. To, ka šāds ezera ūdens līmenis ir bijis netipiski augsts, norāda 1956.gada līmeņa mērījums, kas šķietami neiederas starp citiem gadiem, jeb ir novirzīts uz augšu no vispārinātās ekstremālo vērtību sadalījuma līknes (sarkanais aplis 5. attēlā).

3. Burtnieku ezera pļavu applūšanas biežums

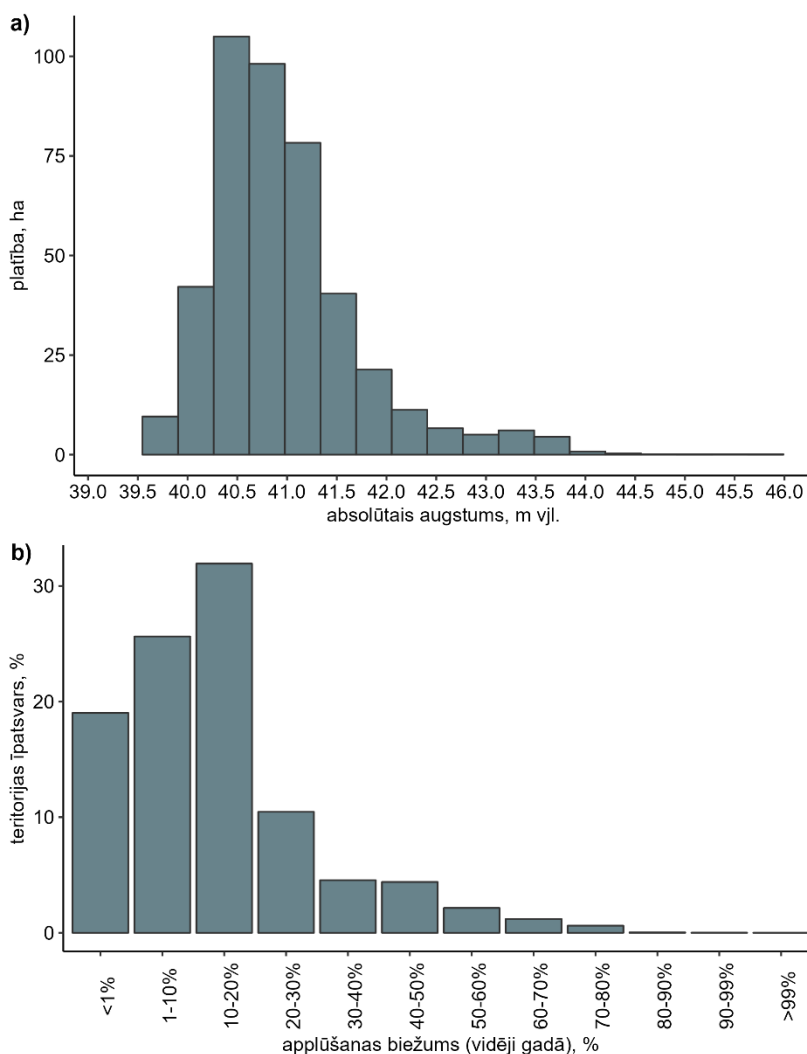
Ikgadējā ūdens līmeņa ilguma līkne ir izmantojama, lai ne tikai lai raksturotu ikgadējo ezera līmeņa svārstību raksturu, bet arī lai novērtētu ezeram piegulošo teritoriju, t.sk. dabas lieguma “Burtnieku ezera pļavas” teritorijas ikgadējo applūšanas ilgumu. Tam par pamatu tika izmantots digitālais reljefa modelis (DRM), kas izstrādāts no Lidar lāzerskenēšanas datiem, kas iegūti Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras mājaslapā². Lidar dati par DRM pārvērsti, izmantojot LĢIA klasificētos zemes virsmas punktus un reljefa modeli veidojot ar rastra šūnu izmēru 1 metrs (skatīt 6. attēlu).



6. attēls. Digitālā reljefa modelis dabas lieguma “Burtnieku ezera pļavas” teritorijai.

² <https://www.lgia.gov.lv/lv/Digit%C4%81lais%20virsmas%20modelis>

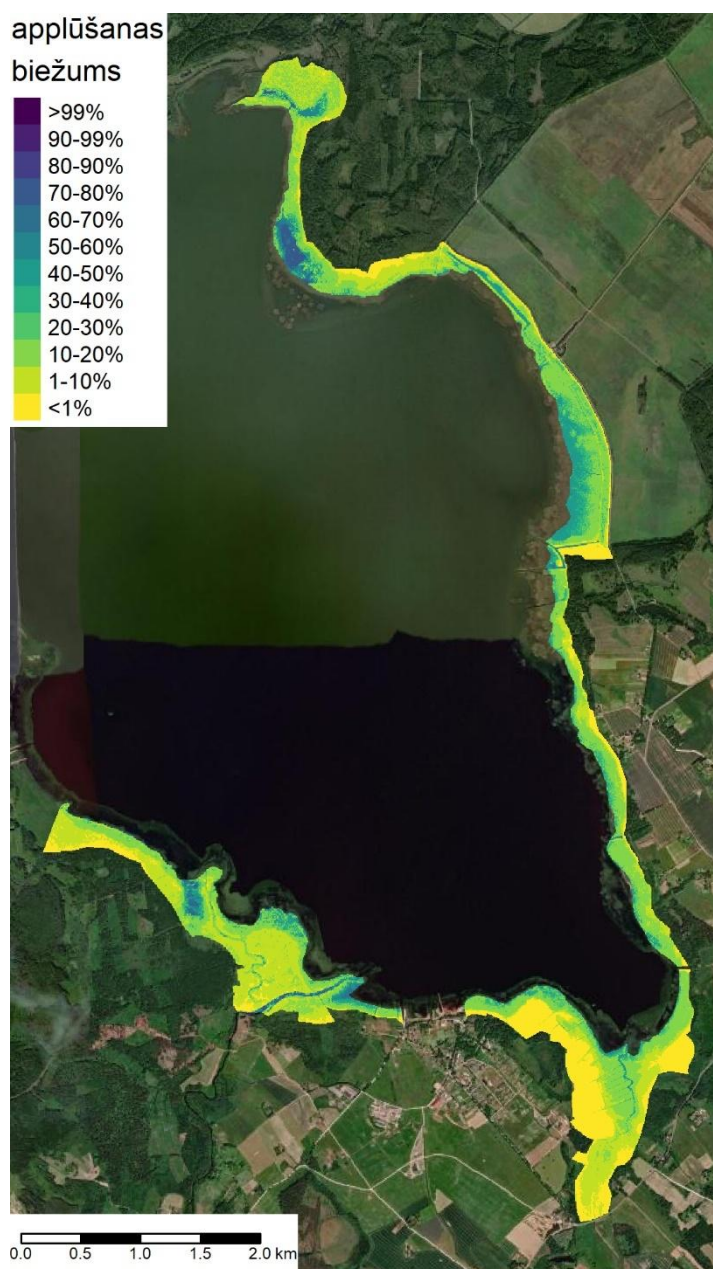
Atbilstoši izstrādātajam DRM dabas liegumā “Burtnieku ezera pļavas” vidējais teritorijas absolūtais augstums ir 40,99 m vjl., bet mediānais augstums 40,83 m vjl., norādot, ka kopumā teritorija ir zema (7a. attēls).



7. attēls. **a)** dabas lieguma “Burtnieku ezera pļavas” teritorijas absolūto augstumu sadalījums; **b)** dabas lieguma “Burtnieku ezera pļavas” teritorijas applūšanas biežums (balstoties uz ikgadējo ūdens līmeņa ilguma līkni).

Apvienojot rezultātus no izstrādātās ikgadējās ūdens līmeņa ilguma līknes un DRM analīzes, ir iespējams aprēķināt cik bieži vidēji gadā dabas un cik liela platība no dabas lieguma teritorijas ir applūdusi (7b. attēls). Rezultāti liecina, ka 81% no visas dabas lieguma teritorijas vismaz 1% no laika (vidēji vismaz 3 līdz 4 dienas gadā) ir zem ūdens, savukārt 55,4% no dabas lieguma teritorijas vidēji ir applūdusi vismaz 10% no visa laika, jeb aptuveni 36 dienas gadā. Tikai 13% no lieguma teritorijas ir tik zemu, ka tās applūst vismaz 30% laika (~122 dienas gadā), bet mazāk kā 2% teritorijas ir tādas, kas gada griezumā vismaz 60% laika

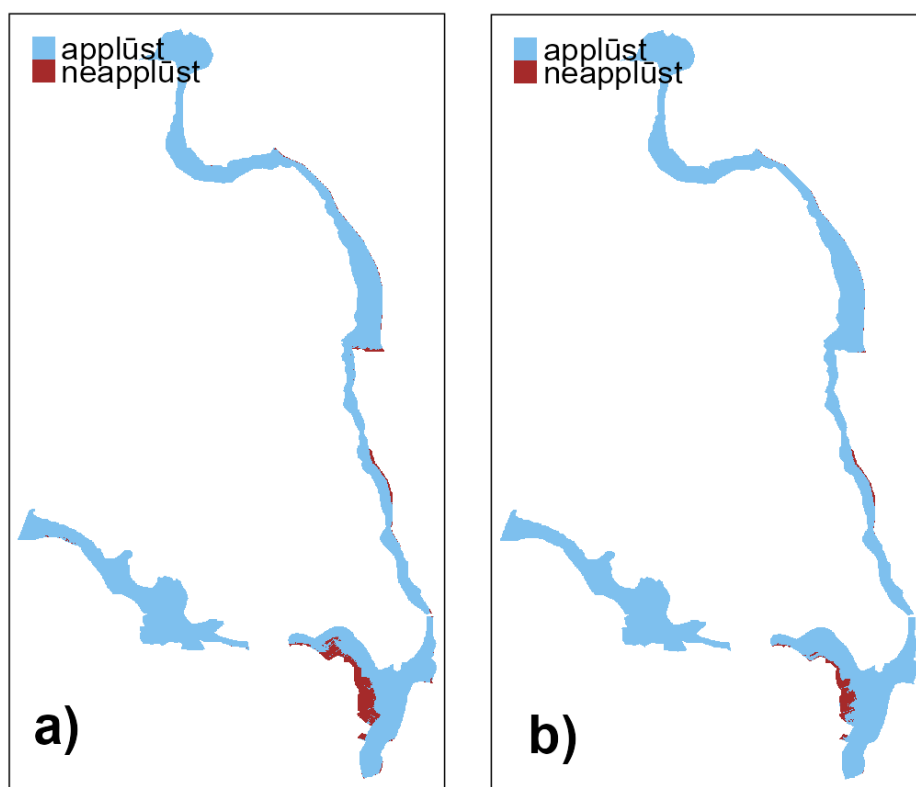
(ap 7 mēnešiem gadā) atrodas zem ūdens līmeņa. Teritorijas, kuras visbiežāk applūst, redzamas 8. attēlā ar zilākiem toņiem, savukārt ar dzeltenu krāsu apzīmētas vietas, kuras reti



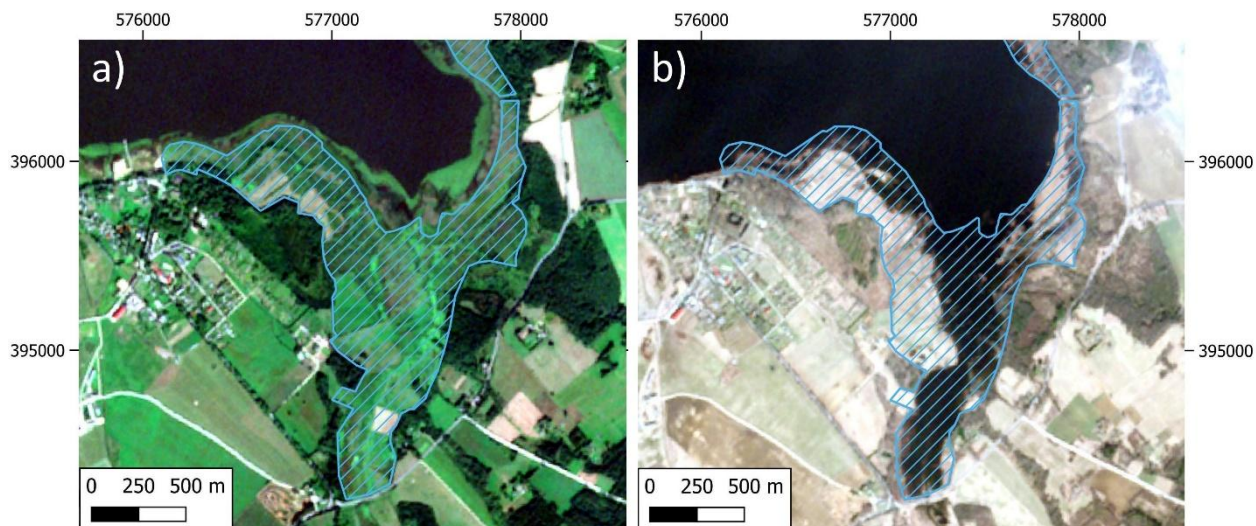
8. attēls. Dabas lieguma “Burtnieku ezera pļavas” ikgadējā vidējā applūšanas biežuma karte (kartes pamatne ESRI Imagery).

Ikgadējai applūšanai pakļautas teritorijas ir viscaur dabas liegumā, no kurām visilgāk zem ūdens atrodas atsevišķi laukumi Burtnieku ezera ziemeļu daļā pie Sedas upes grīvas un Radziņu meža, laukumi gar Silzemnieku poldera dambi, atsevišķi laukumi pie Briedes upes grības, kā arī Burtnieku ezera dienvidu galā pie Eiķenupes ietekas ezerā (8. attēls). Visretāk applūst hipsometriski augstākās teritorijas, kuras dabas lieguma ietvaros pārsvarā izvietotas

Burtnieku ezera dienvidu malā netālu no Eiķenupes, kā arī neliels laukums ezera austrumu malā pie Aunupītes ietekas. Daļa no šīm hipsometriski augstajām vietām applūst tikai pie plūdiem ar 10 gadu atkārtotības periodu, kad kopumā applūst 93,9% no visas dabas lieguma teritorijas, bet neliela teritorija starp Burtniekiem un Eiķenupi neapplūdīs pat pie plūdiem ar 100 gadu atkārtotības periodu, kad kopumā zem ūdens atradīsies 97,1% no visas dabas lieguma teritorijas (9. attēls). To, ka šī teritorija tipiski neapplūst, netieši apstiprina arī satelītuzņēmumi no perioda, kad ir novērojami augsti Burtnieku ezera ūdens līmeņi (10. attēls).



9. attēls. Dabas lieguma “Burtnieku ezera plavas” applūšana plūdos ar (a) 10-gadu atkārtotības periodu un (b) 100-gadu atkārtotības periodu.



10. attēls. Dabas lieguma dienvidu daļa Sentinel-2 satelītuzņēmumos zema ezera ūdens līmeņa apstākļos ($h=39,55$ m vjl.) 2022.gada 27.augustā (a) un augsta ūdens līmeņa apstākļos ($h=41,69$ m vjl.) 2019.gada 2.aprīlī (b). Zili iekrāsotā teritorija – dabas liegums “Burtņieku ezera plavas”.

4. Burtņieku ezera plavu applūšanas biežums vasaras zemūdens periodā

Atsevišķi tika analizēta ĪADT Burtņieku ezera plavu ilggadējais applūšanas biežums vasaras zemūdens periodā jūlijā-augustā. Analīze balstīta uz no Lidar datiem izstrādāto DRM un ilggadīgajiem Burtņieku ezera ūdens līmeņa datiem, kā arī patstāvīgi ar ūdeni klātās teritorijas (ūdenstilpes un ūdensteces) iezīmētas, balstoties uz LĢIA topogrāfisko karti mērogā 1:50'000³. Patstāvīgi ar ūdeni klātās teritorijas – ūdenstilpes dabas lieguma teritoriju klāj aptuveni 7,5% apmērā. Lielākās vietas ar patstāvīgu ūdeni ir Sedas upes grīvā, pie Raga sēra, garenstiepti dīķi gar Silzemnieku poldera (11. attēls), kā arī dabas lieguma rietumu daļā, t.sk. pie Briedes upes (12.attēls). Pie vasaras augstajiem ezera ūdens līmeņiem applūšana sagaidāma dabas lieguma un ezera kontaktzonā gar Silzemnieku polderi (11.attēls), pussalas veida dabas lieguma daļā ezera rietumu krastā pie Grīvas kakta (12.attēls), kā arī atsevišķas joslās ezera dienvidu krastā gan gar pašu ezeru, gan gar Eiķenupi (13.attēls).

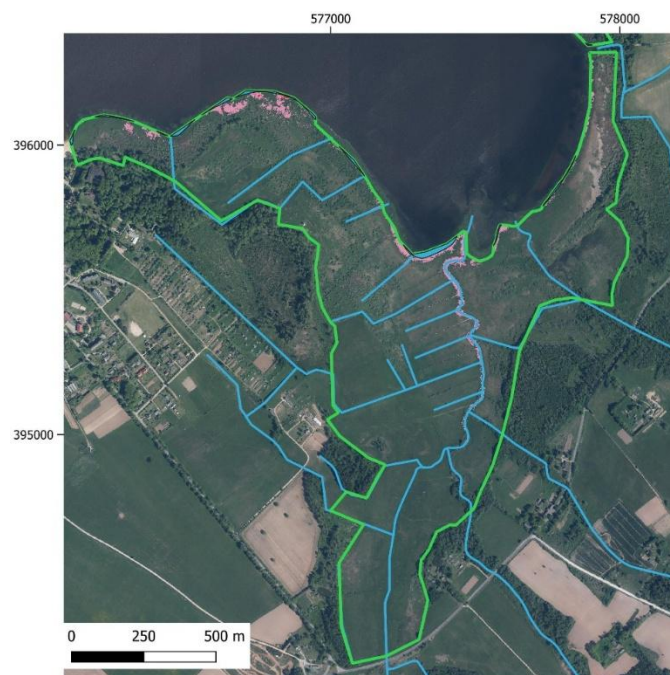
³ Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras (LĢIA) topogrāfiskā karte mērogā 1:50 000, 2.izdevums <https://www.lgia.gov.lv/lv/topografiska-karte-meroga-150-000-2-izdevums-0>



11. attēls. **Dabas lieguma Burtnieku ezera pļavu austrumu daļas applūšanas biežums pie vasaras zemajiem ezera ūdens līmeņiem.** Paskaidrojumi: zaļā līnija – dabas lieguma teritorija; zilie poligoni – teritorijas, kur patstāvīgi ir ūdens; zilās līnijas – ūdensteces; gaiši tumši sarkanās krāsas laukumi – applūstošas teritorijas pie tipiskiem vasaras zemajiem ūdens līmeņiem; gaiši sarkanās teritorijas – applūstošas teritorijas pie vasaras augstajiem ūdens līmeņiem. Pamatne: ortofoto karte, LĢIA. Vietas, kas 11.līdz 13.attēlā nav iekrāsotas ar zilu vai sarkanu krāsu, parasti vasarās neapplūst.



12. attēls. Dabas lieguma Burtnieku ezera pļavas rietumu daļas applūšanas biežums pie vasaras zemajiem ezera ūdens līmeņiem. Paskaidrojumus skatīt pie 11.attēla.



13. attēls. Dabas lieguma Burtnieku ezera pļavas dienvidu daļas applūšanas biežums pie vasaras zemajiem ezera ūdens līmeņiem. Paskaidrojumus skatīt pie 11.attēla.

Secinājumi.

Pēc ilggadīgo ūdens līmeņa analīzes (2. attēls) vidējais Burtnieku ezera ūdens līmenis ir 40,21 m vjl., bet tas vidēji gadā svārstās 2 metru amplitūdā no 39,42 līdz 41,49 m vjl. Tomēr

ir gadi, kad ūdens līmenis ir bijis krietni augstāks, ar maksimālo reģistrēto ūdens līmeni 43,33 m vjl. 1956.gadā. Zemākie ezera ūdens līmeņi ir jūlijā, augustā un septembrī. Jūlija-augusta laika posmā vidējais ezera ūdens līmenis ir 39,76 m vjl. ar mazām ikgadējām svārstībām. Izņēmums ir atsevišķi augsta ūdens līmeņa gadi, piemēram, 1978.g., 1962.g. un 1956.g. Pirms Silzemnieku poldera sistēmas izbūves (1981-1984.g.) augstākie ezera ūdens līmeņi bijuši zemāki, nekā pēc tā izbūves, iespējams, norādot uz poldera ietekmi.

Dabas lieguma "Burtnieku ezera pļavas" teritorija ir pakļauta regulārai applūšanai – aptuveni 81% no visas teritorijas katru gadu applūst kā minimums uz 3 dienām, bet vairāk kā puse no visas teritorijas ir applūdusi vidēji ilgāk kā vienu mēnesi gadā.

Plūdu analīze rāda, ka reizi 10 gados ezera ūdens līmenis sasniedz 42,36 m vjl., appludinot 93,9% no visas dabas lieguma teritorijas, bet reizi 100 gados 43,17 m vjl., appludinot 97,1% dabas lieguma teritorijas. Datu analīze liecina, ka 100-gades plūdi ir ar zemāku ūdens līmeni nekā Silzemnieku poldera pārplūšanas robežas augstuma atzīme (43,6 m vjl.⁴). Tas norāda, ka Silzemnieku polderis ir uzbūvēts ar drošības rezervi vismaz simts, iespējams pat vairākiem simts gadiem. Vēsturiski augstākais ezera ūdens līmenis 1956.gadā sasniedza 43,33 m vjl., kas pēc plūdu modeļa atbilst plūdiem ar 176 gadu atkārtšanās periodu. Tas gan neizslēdz to, ka turpmākos simts gadus šādi ūdens līmeņi nevarētu atkārtoties, it īpaši ņemot vērā klimata pārmaiņu ietekmi.

⁴ <https://www.melioracija.lv/>