

Pazemes ūdensobjektu robežu izmaiņu nepieciešamība, metodiskā pieeja un galvenās izmaiņas

1. Pazemes ūdensobjektu robežu izmaiņu nepieciešamības pamatojums

1.1. Pazemes ūdensobjektu sākotnējā izdalījuma pamatojums un pieeja

Sākotnējie 16 Latvijas pazemes ūdens objekti (turpmāk – PŪO) tika noteikti un izdalīti 2004.gadā, Latvijas-Dānijas kopprojekta ietvaros¹. PŪO izdalīšana tika veikta pēc sekojošiem principiem^{2,3}:

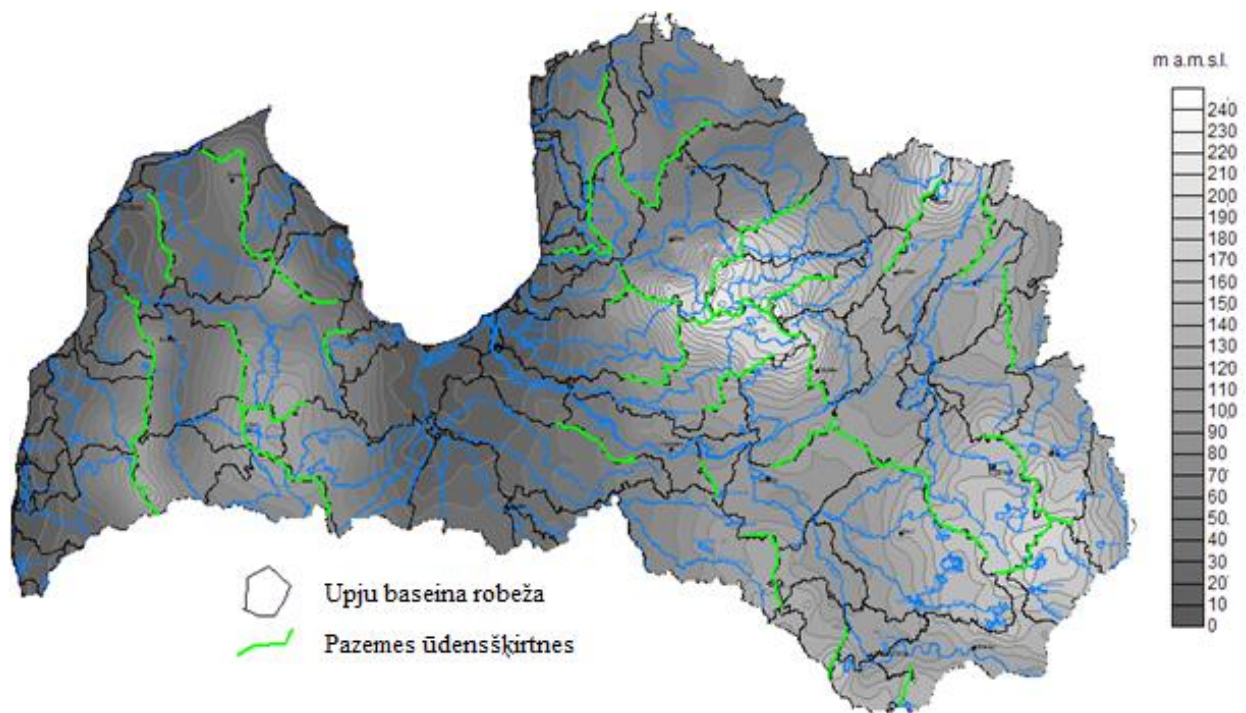
- par PŪO robežām tika pieņemti galvenokārt pazemes ūdeņu plūsmu ierobežojošie hidroģeoloģiskie apstākļi: reģionālie sprostslāņi vertikālā griezumā un pazemes ūdensšķirtnes horizontālā virzienā. Pazemes ūdensšķirtnes izdalītajiem objektiem lielā mērā atkārtoja upju baseinu apgabalu robežas, kas atviegloja integrētu virszemes un pazemes ūdeņu apsaimniekošanu;
- tika ņemts vērā tā brīža Latvijas pazemes ūdeņu monitoringa tīkla blīvums, kā arī to apsaimniekojošo un kontrolējošo iestāžu kapacitāte. Tika nolemts, ka ieteicamais PŪO skaits nedrīkst pārsniegt dažus desmitus, kā arī PŪO izmēriem jābūt iespēju robežās līdzīgiem. Rezultātā netika izdalīti maza izmēra PŪO, ņemot vērā visas identificētās ūdensšķirtnes un sprostslāņus.

Pazemes ūdensšķirtņu identificēšanai un PŪO horizontālo robežu noteikšanai tika sagatavotas daudzas pjezometrisko līmeņu kartes (piemērs – 1.attēls). Pjezometrisko līmeņu karšu datu avots bija ūdens līmeņa mērījumi ģeoloģiskās kartēšanas un ūdensieguves urbemos. Jāatzīmē, ka kartēšanas urbumi tika ierīkoti laika posmā no 1951.gada līdz 1991.gadam, bet galvenokārt 1961.gadā (143 urbumi) un no 1964.gada līdz 1970.gadiem (vairāk nekā 1000 urbumu). Pjezometrisko līmeņu kartes tika sagatavotas bez reģionāla hidroģeoloģiskā modeļa palīdzības un neņemot vērā pazemes un virszemes sasaisti, tikai interpolējot urbemos nomērītos statistisko līmeņu datus. Tāpat 2004.gadā vēl nebija pabeigta datu ievadīšana datubāzē "Urbumi". Projektā³ tika norādīts, ka piedāvātajam PŪO iedalījumam ir ieteikuma raksturs, un, ka pazemes ūdensšķirtnes un attiecīgi PŪO robežas, ir verificējamas pēc datubāzes "Urbumi" pabeigšanas un reģionālā hidroģeoloģiskā modeļa sagatavošanas.

¹ Transposition and Implementation of the EU Water Framework Directive in Latvia. Technical Report No. 1A. Typology of surface water and procedure for characterization of waters. Danish Environmental protection Agency and the Ministry of Environment of Latvia. DANCEE Project ref. No M 128/023-0004

² 1.perioda Upju baseinu apgabalu apsaimniekošanas plāni 2009.-2015.gadam. VSIA "Latvijas Vides, Ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs"

³ Transposition and Implementation of the EU Water Framework Directive in Latvia. Technical Note 13: Final delineation of groundwater bodies and transboundary bodies. Danish Environmental Protection Agency and the Ministry of Environment of Latvia. DANCEE Project ref. No M 128/023-0004



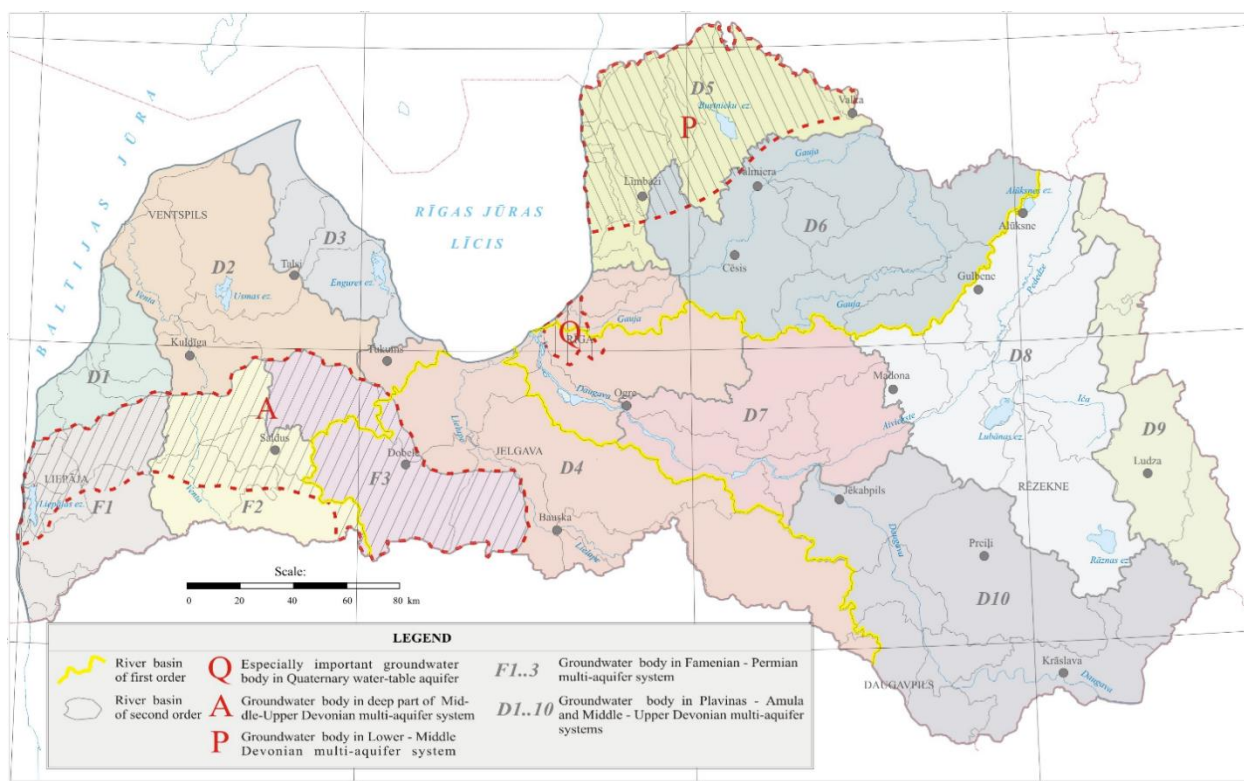
1.attēls. Augšējo horizontu interpolētais pazemes ūdeņu līmenis un 2004. gadā noteiktās ūdensšķirtnes³

Saldūdeņu izplatības intervālā tika izdalīti divi dominējošie sprostsļāņi, kas attiecīgi tika ņemti vērā, veicot PŪO iedalījumu vertikālā griezumā:

1. reģionālais sprostsļānis – vidusdevona Narvas svītas biežais un vāji caurlaidīgais nogulumiežu slānis, kas izolē aktīvo (saldūdens) no pasīvās (iesāļūdens - sāļūdens) ūdens apmaiņas zonas;
2. Augšdevona Pļaviņu-Amulas ($D_3pl-aml$) svītas ūdens vāji caurlaidīgo nogulumiežu slānis, kas izolē Famenas ūdens horizontu kompleksu no dziļāk iegulošajiem ūdens nesējsļāņiem (D_2ar-D_3am) Latvijas dienvidrietumu daļā.

Rezultātā Latvijas dienvidrietumu daļā tika izdalīti kopskaitā trīs PŪO – F1, F2 un F3. Šajos objektos tika iekļauti visi ūdens nesējsļāņi no zemes virsmas līdz Pļaviņu-Amulas ($D_3pl-aml$) sprostsļānim (to neieskaitot). Pļaviņu-Amulas ($D_3pl-aml$) vāji caurlaidīgie nogulumieži un zem tiem iegulošā Arukilas-Amatas (D_2ar-D_3am) ūdens horizontu kompleksa daļa izdalīta kā pazemes ūdensobjekts A. Pārējā Latvijas teritorijā tika izdalīti kopskaitā desmit PŪO – D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 un D10, iekļaujot tajos visus ūdens horizontus no zemes virsmas līdz Narvas sprostsļānim. Vienīgais izņēmums bija kvartāra smilšu pazemes ūdensobjekts Q, kurš netika iekļauts pagulošajā pazemes ūdensobjektā D4, kam iemesls ir PŪO Q īpašā nozīme ūdensapgādē – tajā koncentrējās lielākās Rīgas pazemes ūdeņu atradnes. Ziemeļvidzemē noteikts dziļš Pērnavas-Ķemeru ūdens nesējsļāņu pazemes ūdensobjekts P, kas iegul zem Narvas reģionālā sprostsļāņa un, atšķirībā no pārējās Latvijas teritorijas, satur ūdensapgādē izmantojamus, labas kvalitātes saldūdeņus.

Kopumā tika izdalīti sešpadsmit PŪO, kuru robežas attēlotas 2.attēlā.



2.attēls. 2004.gadā noteiktie pirmās kārtas Latvijas pazemes ūdensobjekti³

2.2. Pazemes ūdensobjektu robežu precizēšanas nepieciešamība

Latvijā tika izdalīti sešpadsmit PŪO un to robežas nav pārskatītas kopš 2004.gada⁴. Saskaņā ar Ūdens struktūrdirektīvas prasībām, aktualizējot Upju baseinu apgabalu apsaimniekošanas plānus, nepieciešams precizēt sākotnēji izdalītās PŪO robežas vai pamatot to saglabāšanu, balstoties uz jaunākajiem kvalitātes un kvantitātes monitoringa datiem, kā arī jaunākajām vadlīnijām un citu dalībvalstu labajām praksēm. 2012.gadā starp 27 Eiropas Savienības dalībvalstīm Latvija (kopplatība – ~65 tūkst.km²) izceļas ar vislielāko vidējo PŪO lielumu un trešo mazāko PŪO skaitu, ierindojoties sarakstā uzreiz aiz Maltas (sešpadsmit PŪO, kopplatība – ~0,3 tūkst.km²) un Luksemburgas (pieci PŪO, kopplatība – ~2,6 tūkst.km²)⁵.

Jāatzīmē, ka PŪO robežu izdalīšana ir iteratīvs process, kas nozīmē, ka regulāri veicama esošo PŪO robežu precizēšana balstoties uz jaunākajiem monitoringa rezultātiem, attīstoties zināšanu bāzei⁶. Piemēram, Igaunijā PŪO skaits tiek regulāri palielināts un pašreiz ir izdalīti 39 PŪO sākotnējo 26 vietā. Lietuvā, līdzīgi kā Latvijā, PŪO skaits ir palicis ne-mainīgs (20 PŪO), kopš 1.perioda Upju baseinu apgabalu apsaimniekošanas plānu (2009.-2015.g.) sagatavošanas laika.

⁴ Transposition and Implementation of the EU Water Framework Directive in Latvia. Technical Note 13: Final delineation of groundwater bodies and transboundary bodies. Danish Environmental Protection Agency and the Ministry of Environment of Latvia. DANCEE Project ref. No M 128/023-0004

⁵ Ward, R. 2012. 2nd Workshop on groundwater bodies. Berlin 15/16 December 2011. <https://www.bgr.bund.de/>

⁶ European Commission 2003. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No.2, Identification of Water Bodies. <https://circabc.europa.eu/>

Līdz šim bija sarežģīti novērtēt lielāko daļu izdalīto PŪO stāvokli, jo tajos bija apvienoti ūdens nesējslāņi ar atšķirīgu dabisko pazemes ūdeņu ķīmisko sastāvu. To uzsvēra arī Eiropas Komisijas eksperti sniedzot atzinumu par pazemes ūdeņu sadaļu 1. Upju baseinu apsaimniekošanas plānos (2009.-2015.gads), kā arī sākotnējo PŪO robežu autori⁷. Nav racionāli visā Latvijā izdalīt objektus tādā veidā, lai novērstu atšķirīga sastāva ūdeņu apvienošanu vienā PŪO, bet iespēju robežās uz to ir jātiecas. Tas ir īpaši būtiski plānojot nākamās apsaimniekošanas soļus – nosakot fona vērtības PŪO robežās, kas savukārt nepieciešams robežvērtību noteikšanai.

Ņemot vērā pēdējā desmitgadē iegūtos jaunākos pazemes ūdeņu monitoringa rezultātus, kā arī divus attiecīgajā laika posmā izstrādātos pazemes ūdeņu hidroģeoloģiskos modeļus un to rezultātus^{8,9}, ir savākts pietiekošs informācijas apjoms un iegūta jauna zināšanu bāze, lai precizētu pašreizējās PŪO robežas saskaņā ar Ūdens struktūrdirektīvas prasībām un labas prakses piemēriem citviet Eiropā.

2. Jauno pazemes ūdensobjektu izdalīšanas metodika

2.1. Pazemes ūdeņu apsaimniekošana Ūdens Struktūrdirektīvas ietvaros

Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2000/60/EK jeb Ūdens Struktūrdirektīva (turpmāk – ŪSD), ar ko izveido sistēmu Kopienas rīcībai ūdens resursu politikas jomā, tika pieņemta 2000.gada 23.oktobrī¹⁰. Direktīvas mērķis ir nodrošināt visu Eiropas ūdeņu aizsardzību, tajā skaitā arī pazemes ūdeņu. Ūdeņu kvalitātes saglabāšana un uzlabošana galvenokārt tiek nodrošināta caur virszemes un pazemes ūdeņu integrētu aizsardzību un apsaimniekošanu, veicinot ilgtspējīgu ūdens resursu izmantošanu.

Mērķa sasniegšanai ir paredzēts instruments – Upju baseinu apsaimniekošanas plāni (turpmāk–UBAP). Dalībvalstis izdala upju baseinu apgabalus, kuriem tiek sagatavots raksturojums un veiktas datu analīzes, uz kuru pamata tālāk tiek izstrādātas un īstenotas pasākumu programmas ŪSD 4.pantā noteikto vides aizsardzības mērķu sasniegšanai. Saskaņā ar ŪSD Latvijas teritorija ir sadalīta četros upju baseinu apgabalos (Ventas, Lielupes, Daugavas un Gaujas), bet katrs apgabals sīkāk sadalīts virszemes (turpmāk–VŪO) un pazemes ūdens objektos (turpmāk–PŪO). PŪO ir ziņošanas vienība un tā stāvokļa novērtējums, “labs” vai “slikts”, tiek izmantots, lai sekotu līdz direktīvas prasību ieviešanas efektivitātei un stāvokļa izmaiņu tendencēm. Tādēļ būtiski ir veikt gan pamatotu PŪO izdali, gan regulāri pārskatīt objektu robežas, jo izdalītie objekti tiks izmantoti kā apsaimniekošanas un ziņošanas vienības. UBAP ir jāaktualizē reizi sešos gados un labs stāvoklis visos ūdens objektos bija jāsasniedz līdz 2015.gadam, bet ne vēlāk kā līdz 2027.gadam.

⁷ Transposition and Implementation of the EU Water Framework Directive in Latvia. Technical Note 13: Final delineation of groundwater bodies and transboundary bodies. Danish Environmental Protection Agency and the Ministry of Environment of Latvia. DANCEE Project ref. No M 128/023-0004

⁸ Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem. Latvijas Universitātes realizēts ESF projekts. <http://www.puma.lu.lv>

⁹ Hidroģeoloģiskā modeļa izveidošana Latvijas pazemes ūdenskrājumu apsaimniekošanai un vides atveseļošanai. Rīgas Tehniskās universitātes realizēts ERAF projekts. http://www.emc.rtu.lv/lamo_lv.htm

¹⁰ European Commission 2000.Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for Community Action in the field of Water Policy. <http://eur-lex.europa.eu/>

Lai sasniegtu ŪSD mērķus, ir jānovērtē pazemes ūdeņu stāvoklis (kvantitāte un kvalitāte) un jāpiemēro atbilstoši pasākumi slikta stāvokļa uzlabošanai vai laba stāvokļa saglabāšanai. PŪO izdalīšana katrā upju baseina apgabala ietvaros ir viens no rīkiem ūdens resursu ilgtspējīgai apsaimniekošanai.

2.2. Pazemes ūdensobjektu izdalīšana saskaņā ar Ūdens Struktūrdirektīvu

Pašlaik ŪSD neparedz detalizētas, vienotas un saistošas vadlīnijas kā dalībvalstīs izdalāmi PŪO. Piemērotu metodiku izstrādāšana ir katras dalībvalsts atbildība, un tas joprojām ir liels izaicinājums. Ir pieejamas vispārīgas vadlīnijas, kurām ir ieteikuma raksturs^{11,12}, bet, bez papildus nosacījumu ietveršanas šīs vadlīnijas ir maz piemērotas Latvijas hidroģeoloģiskajiem apstākļiem (daudzslāņu struktūrai). Iespējas pārņemt metodikas un labas prakses piemērus no citām dalībvalstīm ir ierobežotas, ko nosaka krasi atšķirīgi hidroģeoloģiskie apstākļi (starp dalībvalstīm un pat dalībvalsts ietvaros), atšķirīgs pieejamajās informācijas detalizācijas līmenis un zināšanu bāze.

Ar pazemes ūdens objektu saprot noteiktu pazemes ūdeņu daudzumu ūdens nesējslānī vai nesējslāņos¹³, kam ir stingri definētas horizontālās un vertikālās izplatības robežas. PŪO robežās ir jābūt minimālai ūdens pieplūdei no blakus esošajiem PŪO un maz mainīgam ūdeņu ķīmiskajam sastāvam, lai katram objektam aprēķinātu ūdens bilanci un noteiktu dabiskās ūdens sastāva fona vērtības. Sasaistei starp diviem blakus esošiem PŪO jābūt tik minimālai, lai to varētu neņemt vērā ūdens bilances aprēķinos, t.i., jābūt atšķirīgiem ūdens satences apgabaliem, vai arī šo sasaisti jāspēj precīzi novērtēt jeb kvantificēt. Teritorijās, kur dominē plasaini ieži un/vai ir novēroti karsta procesi, ūdens kvantitatīvā stāvokļa raksturošana var būt īpaši komplicēta. Šādos gadījumos par PŪO robežām var pieņemt konkrētu nogulumu vai procesu izplatības robežas tiktāl, cik iespējams sagatavot pamatotu šādu izdalīto objektu raksturojumu. PŪO var sastāvēt no viena vai vairākiem nesējslāņiem, un PŪO ietvaros ir pieļaujama heterogenitāte ūdens sastāva, ūdens līmeņu, litoloģijas un ģeoloģisko īpašību ziņā. Tomēr PŪO jābūt izdalītam tādā veidā, lai būtu iespējams sagatavot pamatotu šī objekta kvantitatīvā un kvalitatīvā stāvokļa raksturojumu. Balstoties uz visu iepriekš minēto, katrā PŪO ir jāveic regulārs un vietai atbilstošs monitorings, lai savlaicīgi identificētu jebkādas negatīvas stāvokļa izmaiņu tendences¹⁴.

2.2.1. Ūdens nesējslāņu identificēšana

Pirmais solis PŪO izdalīšanā ir identificēt ūdens nesējslāņus jeb ūdens horizontus. Saskaņā ar ŪSD par ūdens nesējslāni uzskata ūdeni saturošu slāņkopu, kura atbilst vismaz vienam no nosacījumiem:

1. ūdens piensums ir būtisks saistītā virszemes ūdens objekta vai atkarīgās virszemes ekosistēmas ekoloģiskās kvalitātes nodrošināšanā. Attiecināms ŪSD termins– “būtiska” plūsma,

¹¹ Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No.2, Identification of Water Bodies. <https://circabc.europa.eu/>

¹² European Commission 2004. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Groundwater body characterization, Technical report on groundwater body characterization issues. <https://circabc.europa.eu>

¹³ European Commission 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for Community Action in the field of Water Policy. <http://eur-lex.europa.eu/>

¹⁴ Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No.2, Identification of Water Bodies. <https://circabc.europa.eu/>

2. ūdens ieguves apjoms, kas paredzēts patēriņam cilvēku uzturā, vidēji diennaktī pārsniedz 10 m³ vai ar ūdeni tiek apgādātas 50 un vairāk personas (ieskaitot potenciālos krājumus). Attiecināms ŪSD termins – “būtiska” ieguve.

Jāatzīmē, ka **teju visi pazemes ūdeņi Latvijā atbilst otrajam nosacījumam**. Arī Latvijas kaimiņvalstīs Igaunijā un Lietuvā, kā arī Polijā, Austrijā un citviet ūdens nesējslāņi tiek izdalīti visā valsts teritorijā, ko nosaka hidroģeoloģiskie apstākļi un kopumā ievērojami pazemes ūdens resursu apjomi. Dalībvalstis ir tiesīgas pielāgot šos nosacījumus savas valsts apstākļiem tiktāl, cik tas netraucē sasniegt ŪSD mērķus¹⁵.

Analizējot citu dalībvalstu pieejas, jāsecina, ka sākuma posmā tiek izmantotas jau esošās hidroģeoloģiskās un ģeoloģiskās kartes, kā arī pieejamie pētījumu materiāli un datubāzes¹⁶. Papildus iepriekš minētajiem nosacījumiem bieži tiek piemēroti arī citi kritēriji, kurus nosaka pati dalībvalsts. Pilotteritorijā Spānijā ūdens nesējslāņi vispirms tiek identificēti balstoties uz pieejamo zināšanu bāzi par iežu litoloģiju un nogulumu caurlaidību teritorijā¹⁷. Tas ir saskaņā ar ŪSD ietvertu ūdens nesējslāņa definīciju paredzot, ka slāņkopām jābūt porainām un ūdens caurlaidīgām, lai nodrošinātu apjomīgu ūdens ieguvi. Arī Igaunijā sākotnēji izmanto valstī jau pastāvošo hidroģeoloģisko iedalījumu, bet papildus tiek novērtēta pazemes ūdeņu atbilstība dzeramā ūdens kvalitātes prasībām¹⁸, jo ŪSD prioritāri aizsargā ūdeņus, kas tiek vai var tikt lietoti uzturā. Somijā ūdens nesējslāņi tiek iedalīti trīs klasēs. Divas klases izdalītas balstoties uz pašreizējo un potenciālo ūdens izmantošanu (saskaņā ar iepriekš minēto otro nosacījumu), bet trešajā klasē iedalītas teritorijas, kur trūkst informācijas par pazemes ūdeņu izmantošanas iespējām¹⁹.

Latvijas gadījumā ūdens nesējslāņi tika izdalīti ņemot vērā:

1. jau pastāvošo zināšanu bāzi par ūdens horizontu izplatības robežām;
2. esošo hidroģeoloģiskā griezuma stratifikāciju²⁰;
3. ūdens ieguves apjomu– pazemes ūdens atradņu novietojums un ieguves apjoms 2016.gadā²¹;
4. ūdensapgādes urbumu blīvumu un skaitu;

¹⁵ European Commission 2004. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Groundwater body characterization, Technical report on groundwater body characterization issues. <https://circabc.europa.eu>

¹⁶ Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical report on groundwater body characterization, monitoring and risk assessment issues. <http://ec.europa.eu/>

¹⁷ Sánchez D., Carrasco, F., Andreo, B. 2009. Proposed methodology to delineate bodies of groundwater according to the European water framework directive. Application in a pilot Mediterranean river basin (Málaga, Spain). Journal of environmental Management, 90, 1523-1533.

¹⁸ Keskkonnaministerium 2016. Kehtivadveemajanduskavad 2015-2021. <http://www.envir.ee/et/vmk2015-2021> (igauņu)

¹⁹ Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Groundwater body characterization, Technical report on groundwater body characterization issues. <https://circabc.europa.eu>

²⁰ Saskaņā ar hidroģeoloģiskā griezuma stratifikāciju Ministru Kabineta 2011.gada 6.septembra noteikumu Nr.696 “Zemes dziļu izmantošanas licenču un bieži sastopamo derīgo izrakteņu ieguves atļauju izsniegšanas kārtība” 6.pielikumā.

²¹ Pazemes ūdeņu krājumu bilance, 2016.gads. VSIA “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs”. https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Geologija/DER_IZR_KRAJ_BILANCES/PAZEMES_UDENU_KRAJUMU_BILANCE%202016.pdf

5. pazemes ūdens sastāva atbilstība dzeramā ūdens kvalitātes prasībām²² (hlorīdioni, sulfātjoni).

Saskaņā ar Ministru kabineta 2003.gada 23.decembra noteikumiem Nr. 736 "Noteikumi par ūdens resursu lietošanas atļauju" par ūdens resursu lietošanas atļaujas nepieciešamību un Ministru kabineta 2017.gada 23.maija noteikumiem Nr. 271 "Noteikumi par vides aizsardzības oficiālās statistikas un piesārņojošās darbības pārskata veidlapām", kas nosaka vides aizsardzības valsts statistikas pār-skatu veidlapas "Nr.2 - Ūdens. Pārskats par ūdens resursu lietošanu" aizpildīšanas prasības, tiek uzkrāti dati arī par pazemes ūdens ieguvi, tajā skaitā, ja diennaktī iegūst 10 m³ vai vairāk, vai ar ūdeni tiek apgādātas 50 un vairāk personas. Tomēr uz pazemes ūdensobjektu izdalīšanas laiku datubāzē pieejamā informācija nebija izmantojama bez laikietilpīgas un manuālas datu priekšapstrādes.

Iepriekš minētie 3.punkts un 4.punkts tika izvēlēti kā alternatīva ūdens nesējslāņa definēšanai. Pazemes ūdeņu ieguves apjomi pazemes ūdeņu atradnēs 2016.gadā ļāva identificēt lielākās centralizētās ūdensapgādes vietas, bet apstiprinātie krājumi – spriest par kvantitatīvo stāvokli, tajā skaitā ilgtermiņā, paredzot cilvēku skaita pieaugumu. Ūdensapgādes urbumu dati tika iegūti no LVĢMC uzturētās datubāzes "URBUMI", un to analīze sniedz vispārīgu priekšstatu par galvenajiem ūdensapgādē izmantojamajiem ūdens nesējslāņiem konkrētās teritorijās. To priekšapstrāde ietvēra:

- likvidēto (tamponēto), bojāto, dabā neesošo urbumu atlasī, jo tie nereprezentē pašreizējo izmantošanu,
- urbumu izmantošanas mērķa manuālu korekciju pazemes ūdeņu atradnēs, jo daudzviet urbumu sākotnējā piederība ir kartēšana vai monitorings, bet praktiski tie tiek izmantoti ūdensapgādē,
- urbumu analīzi pēc novietojuma plānā, ekspluatētā ūdens horizonta, ierīkošanas gada.

Ņemot vērā ŪSD koncentrēšanos uz ūdeņiem, kas tiek vai varētu tikt izmantoti uzturā, tika pielāgota Igaunijas pieeja⁹, un ūdens horizontu identificēšanas posmā tika analizēta arī pazemes ūdens sastāva atbilstība dzeramā ūdens kvalitātes prasībām – šajā gadījumā sulfātjonu un hlorīdjonu robežvērtību pārsniegumi ($SO_4^{2-} > 250 \text{ mg/l}$, $Cl^- > 250 \text{ mg/l}$)²³.

Ņemot vērā, ka datubāzē "URBUMI" pieejami ūdens ķīmiskā sastāva dati sākot ar 20.gs 60-tajiem gadiem, datu priekšapstrāde ietvēra arī ūdens bilances aprēķinus pēc sekojošas, vispārpieņemtās formulas:

$$\text{Novirze \%} = \frac{(\sum \text{katjoni} - \sum \text{anjoni})}{(\sum \text{katjoni} + \sum \text{anjoni})} \times 100$$

Novērojumi, kuru jonu bilances novirze bija ārpus $\pm 10\%$ robežām, netika izmantoti tālākā analīzē. Vispārpieņemtā pieļaujamā jonu bilances novirzes robeža lielākoties ir $\pm 5\%$, tomēr, ņemot vērā vēsturisko analītisko metožu veiktspēju, tika izvēlēts plašāks pieļaujamais diapazons, lai datu kopā saglabātu arī vēsturiskos novērojumus. Tas ir īpaši būtiski vietās, kur vēsturiskie dati ir vienīgie pieejamie novērojumi.

Tālāk dati tika apstrādāti ar *Golden Software Surferv15* programmatūru, kur tika veikta sulfātjonu un hlorīdjonu koncentrāciju interpolācija apvienoto ūdens nesējslāņu robežās. Tika izmantota IDP

²² Ministru kabineta 2017.gada 14.novembra noteikumi Nr.671 "Dzeramā ūdens obligātās nekaitīguma un kvalitātes prasības, monitoringa un kontroles kārtība".

²³ Ministru kabineta 2017.gada 14.novembra noteikumi Nr.671 "Dzeramā ūdens obligātās nekaitīguma un kvalitātes prasības, monitoringa un kontroles kārtība".

interpolācijas metode (angļu val.- *Inverse Distance to a Power gridding method*), bet novērojumu laika rinda vienā punktā tika samazināta, aprēķinot vērtību mediānu.

Ūdens nesējslāņi, kuros: 1) ūdens kvalitāte neatbilst dzeramā ūdens kvalitātes prasībām (tika izvēlēts hlorklora un sulfātu robežlieluma 250 mg/l pārsniegums) un 2) virs tiem, tuvāk zemes virspusei, izplatīti ūdens horizonti ar tādu pašu vai labāku ūdens kvalitāti un kvantitāti, kā arī 3) nav informācijas par esošiem ūdensapgādes urbumiem vai to blīvums ir neliels, un tur neatrodas pazemes ūdeņu atradnes **var netikt uzskatīti par ūdens nesējslāņiem** ŪSD kontekstā.

2.2.2. Pazemes ūdensobjektu izdalīšanas un grupēšanas hierarhiskā pieeja

Nākamais solis PŪO izdalīšanā ir sākotnējā objektu izdalīšana balstoties uz ūdens nesējslāņu izplatības robežām²⁴. Latvijas gadījumā turpmākai PŪO izdalīšanai galvenokārt tika izmantots ūdens nesējslāņu iedalījums ūdens horizontu kompleksos, tiem pievienojot pārsedzošos kvartāra pazemes ūdeņu horizontu kompleksu un atsevišķos gadījumos pārklājošos citus ūdens nesējslāņus, ja to nozīme ūdensapgādē ir salīdzinoši maza, lai tos izdalītu atsevišķi.

Rezultātā tika veikts ūdens nesējslāņu iedalījums piecās grupās: 1) Famenas ūdens horizontu komplekss un Apakškarbona (C_1), Augšperma (P_2), Vidusjuras (J_2) ūdens horizonti, 2) Pļaviņu-Amulas ūdens horizontu komplekss ($D_{3pl-aml}$), 3) Arukilas-Amatas ūdens horizontu komplekss ($D_{2ar-D_{3am}}$), 4) Ķemeru un Pērnavas ūdens horizonti ($D_{1-2km+pr}$) pasīvās ūdens apmaiņas zonā, kur vēl sastopami ūdensapgādē izmantojami saldūdeņi, 5) Kvartāra pazemes ūdeņu horizontu komplekss (Q) Rīgas apkārtnē, kas tiek izdalīts atsevišķi, jo tam ir būtiska nozīme Rīgas pilsētas ūdensapgādes nodrošināšanai. Citos PŪO Kvartāra (Q) pazemes ūdeņi tiek piesaistīti zem tā pagulošā pirmskvartāra ūdens nesējslānim (zemkvartāra virsmas), tāpat kā sākotnējā pirmās kārtas Latvijas PŪO iedalījumā²⁵.

Tālāks PŪO iedalījums var tikt veikts nosakot **pazemes ūdensšķirtnes** – izmantojot informāciju par pazemes ūdens līmeņiem ūdens nesējslāņos, kas ļauj identificēt reģionālos barošanās un atslodzes apgabalus, kā arī pazemes ūdeņu plūsmas virzienus²⁶.

Latvijas gadījumā šādu analīzi bija iespējams veikt izmantojot pazemes ūdeņu hidroģeoloģisko modeļu rezultātus^{27,28}. Sākotnēja modeļu rezultātu analīze parādīja, ka abi modeļi reģionālā mērogā ir līdzvērtīgi, t.i. vispārīgi reģionālie barošanās un atslodzes apgabali ir identificējami abos modeļos un reģionālās plūsmas vērsta vienos virzienos. Tomēr, robežu precizēšanai tika izmantoti tikai PUMa¹⁸ modelētie ūdens

²⁴ Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No.2, Identification of Water Bodies. <https://circabc.europa.eu/>

²⁵ Transposition and Implementation of the EU Water Framework Directive in Latvia. Technical Report No. 1A. Typology of surface water and procedure for characterization of waters. Danish Environmental protection Agency and the Ministry of Environment of Latvia

²⁶ Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No.2, Identification of Water Bodies. <https://circabc.europa.eu/>

²⁷ Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem. Latvijas Universitātes realizēts ESF projekts. www.puma.lv

²⁸ Hidroģeoloģiskā modeļa izveidošana Latvijas pazemes ūdenskrājumu apsaimniekošanai un vides atveseļošanai. Rīgas Tehniskās universitātes realizēts ERAF projekts. http://www.emc.rtu.lv/lamo_lv.htm

līmeņi^{29,30}, jo tie aptver visu Baltijas artēzisko baseinu (tajā skaitā Lietuvu, Igauniju, daļu Baltkrievijas un Krievijas) un lielākā daļa Latvijas PŪO ir pārrobežu objekti. LAMO modeļa, kas nodots LVĢMC rīcībā, izmantošanu ierobežoja datu neesamība pārrobežas zonās, kā arī Ķemeru ūdens nesējslāņa neesamība un arī Pērnavas ūdens nesējslānis kā robežnosacījums vertikālā sadalījumā, kas abi ir PŪO P sastāvdaļa.

Pazemes ūdensšķirtnes, saskaņā ar vadlīnijām¹⁷, tika izdalītas balstoties uz modelētajiem ūdens līmeņiem apvienotajos ūdens nesējslāņu (horizontu) vai arī viena ūdens nesējslāņa ietvaros (piemēram, Gaujas ūdens nesējslānī, kur ir vērojama būtiska ūdens ieguves ietekme uz reģionālo plūsmu Rīgas apkārtnē)²⁰. Tas bija atkarīgs no PUMa¹⁸ modeļa shematizācijas, piemēram, Famenas izplatības apgabalā atsevišķi pieejami modelētie līmeņi par Juras, Triasa, Perma, Karbona, Jonišķu-Šķerveļa ūdens nesējslāņiem. Attiecīgi šie modeļa rezultāti tika apvienoti, lai ietveru visu Famenas izplatības apgabalu, bet ūdensšķirtnes tika nolemts izdalīt balstoties uz Jonišķu-Šķerveļu modeļa rezultātiem, jo tajā dominē ūdens ieguve. Zemāk iegulošajā Pļaviņu-Amatas ūdens horizontu kompleksā pieejami modeļa rezultāti par Stipinu-Elejas, Ogres-Katlešu, Daugavas, Salaspils un Pļaviņu ūdens nesējslāņiem. Pēc datu analīzes tika nolemts robežas noteikt pēc galvenokārt Katlešu-Ogres un Pļaviņu modeļa rezultātiem balstoties uz zemāk un augstāk iegulošajiem ūdens nesējslāņiem, kas veido Pļaviņu-Amulas ūdens horizontu kompleksu. Stipinu-Elejas ūdens nesējslāņa nozīme ūdensapgādē nav liela, tādēļ šie rezultāti izmantoti netika. Zemāk iegulošajā Arukilas-Amatas ūdens horizontu kompleksā bija pieejami modeļa rezultāti par Amatas, Gaujas, Burtnieku un Arukilas ūdens nesējslāņiem. Līdzīgi arī šeit ūdensšķirtnes tika modelētas un robežas tika noteiktas balstoties uz augstāk un zemāk iegulošajiem ūdens nesējslāņiem – Amatas un Arukilas, kas veido Arukilas-Amatas ūdens horizontu kompleksu.

Tika izmantota Golden Software Surferv15 programmatūra un automātiskais ūdensšķirtnes (*Watershed*) izveides rīks un pēc vajadzības mainīts modelēto ūdensšķirtņu sliekšnis (*threshold*). Tika salīdzināts modelēto ūdensšķirtņu novietojums dažādos nesējslāņos, kas veido iepriekš minēto nesējslāņu apvienojumu, ņemot vērā ūdens nesējslāņu izplatības robežas.

PUMa modeļa režģis sastāv no dažāda izmēra trīsstūriem, kuru virsotnes atrodas uz robežnosacījumiem – lielāko upju, ezeru un jūras krasta līnijām un uz urbumiem, bet teritorija starp tiem sadalīta trīsstūros ar malu garumiem 1 - 4 km. Šī izesla dēļ trīsstūru režģis mazākā mērogā ir rupjš un bieži nesakrīt ar upju konfigurāciju, tās šķērsojot, tāpēc pazemes ūdens objektu robežas tika vilktas pa modelēto ūdensšķirtņu tuvumā esošo **Ūdens saimniecības iecirkņu robežām (USIK)**. Tas tika darīts, lai atvieglotu turpmāko PŪO apsaimniekošanas procesu.

Atsevišķos gadījumos PŪO robežas tika vilktas pa interpolētās ūdens ķīmijas apgabaliem - robežšķirtne $SO_4^{2-} > 250$ mg/l. Tas tika darīts balstoties uz iepriekš aprakstīto ūdens nesējslāņa izdalīšanas pieeju – vietās, kur ūdens dabiskais ķīmiskais sastāvs nav piemērots dzeramā ūdens ieguvei un to neizmanto ūdensapgādē.

Pēdējais PŪO izdalīšanas nosacījums ir spēja pamatoti aprakstīt un turpmāk apsaimniekot izdalīto objektu. Tas nozīmē, ka PŪO nevar tikt izdalīti ne pārāk vispārīgi (piemēram, ļoti atšķirīgs iežu veids un ūdens

²⁹ Virbulis, J., Timuhins, A., Popovs, K., Klints, I., Seņņikovs, J., Bethers, U. 2012. Script based MOSYS system for the generation of a three-dimensional geological structure and the calculation of groundwater flow. In: Dēliņa, A., Kalvāns, A., Saks, T., Bethers, U. & Vircavs, V. (red.). Highlights of groundwater research in the Baltic Artesian Basin. Riga, University of Latvia, 53-57.

³⁰ Virbulis, J., Bethers, U., Saks, T., Seņņikovs, J., Timuhins, A. 2013. Hydrogeological model of the Baltic Artesian Basin. Hydrogeology Journal, Vol. 21, Issue 4, p. 845-862.

sastāvs, dažādas ietekmējošās slodzes), ne pārāk detalizēti (piemēram, ne objekta robežās, ne tā tuvumā nav reprezentatīvu monitoringa staciju).

Tāpēc sagatavojot galējās PŪO robežās tika ņemti vērā sekojoši nosacījumi:

- 1) PŪO būtiski nemainās ūdens tipi un mineralizācija (lai nākotnē varētu korekti aprēķināt fona vērtības);
- 2) PŪO robežās ir līdzvērtīgas slodzes (piemēram, īpaši jutīgā teritorija, dominējošais zemes lietojuma veids vai ūdens ieguves apjomi);
- 3) PŪO robežās vai tā tiešā tuvumā atrodas vismaz viena reprezentatīvā monitoringa stacija.

3. Pazemes ūdensobjektu robežu izmaiņas

3.1. Sākotnējais izdalījums

Pazemes ūdensobjektu izdalīšanai tika izmantoti sekojoši pamatprincipi un darba soļi:

1. datu priekšapstrāde un kvalitātes kontrole;
2. ūdens nesējslāņa identificēšanas ūdens struktūrdirektīvas izpratnē;
3. sākotnējā PŪO izdalīšana (balstoties uz nesējslāņu izplatības robežām un esošo hidroģeoloģiskā griezuma stratifikāciju);
4. PŪO robežu precizēšana un grupēšana (balstoties uz modelētajām ūdensšķirtnēm un ūdens ķīmisko sastāvu, kā arī turpmākās apsaimniekošanas iespējām).

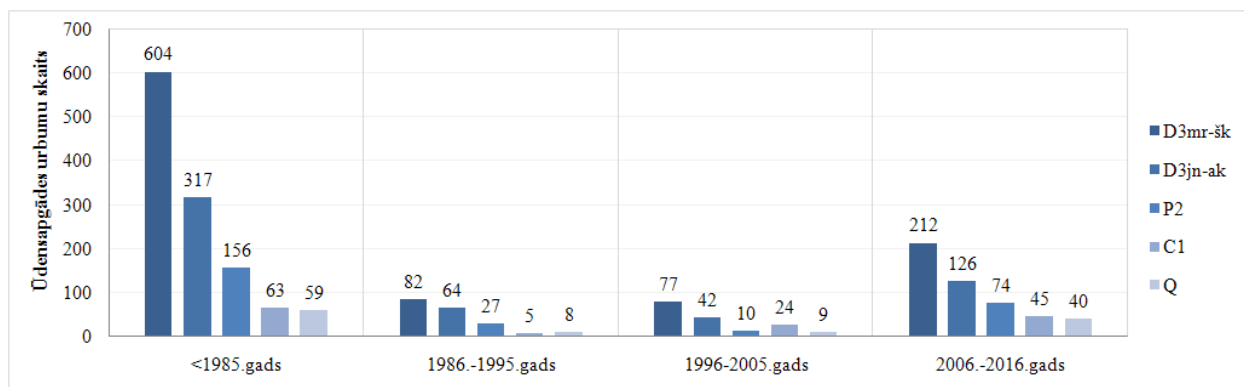
Sākotnējo sešpadsmit PŪO vietā pašreiz ir izdalīti 22 PŪO. To iedalījums vertikālā griezumā tika veikts galvenokārt balstoties uz pastāvošo hidroģeoloģiskā griezuma stratifikāciju ³¹:

1. tika apvienoti visi ūdens nesējslāņi no zemes virsmas līdz Pļaviņu-Amulas (*D_{3pl-aml}*) ūdens horizontu kompleksam (to neieskaitot) Latvijas dienvidrietumu daļā, kā tas tika darīts jau sākotnējā PŪO izdalīšanā⁷, apvienojot Famenas ūdens horizontu kompleksu un Apakškarbona (*C₁*), Augšperma (*P₂*), Apakštriasa (*T₁*), Vidusjuras (*J₂*) un Kvartāra (*Q*) ūdens nesējslāņus;
2. tika izdalīts Pļaviņu-Amulas (*D_{3pl-aml}*) ūdens horizontu komplekss un to pārklājošais Kvartāra (*Q*) ūdens nesējslānis;
3. tika izdalīts Arukilas-Amatas (*D_{2ar-D_{3am}}*) ūdens horizontu komplekss un to pārklājošais Kvartāra (*Q*) ūdens nesējslānis;
4. tika saglabātas Ziemeļvidzemē izdalītā PŪO P robežās, kas apvieno Pērnavas-Ķemeru ūdens horizontus un iegul zem Narvas reģionālā sprosts slāņa.
5. tika saglabātas PŪO Q robežās kvartāra smilšu nogulumos.

Sākotnēji tika analizēts reprezentatīvākajos ūdens nesējslāņos esošo ūdensapgādes urbumu skaits un novietojums plānā, lai spriestu par reģioniem, kuros dominē konkrētu ūdens nesējslāņu izmantošana. Netika ņemti vērā urbumi, kuri ir likvidēti (tamponēti), nav atrodami dabā vai nav darba kārtībā, jo tie nereprezentē pašreizējo izmantošanu.

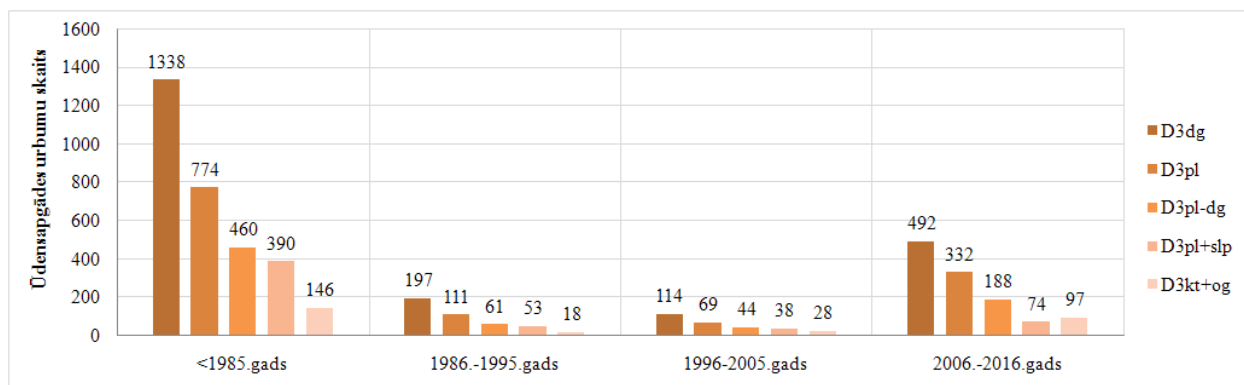
³¹ Saskaņā ar hidroģeoloģiskā griezuma stratifikāciju Latvijas Republikas Ministru kabineta 2011.gada 6.septembra noteikumu Nr.696 "Zemes dziļu izmantošanas licenču un bieži sastopamo derīgo izrakteņu ieguves atļauju izsniegšanas kārtība" 6.pielikumā

Piemēram, Famenas izplatības apgabalā no Kvartāra (Q) līdz Pļaviņu-Amulas ($D_3pl-aml$) svītas ūdens vāji caurlaidīgo nogulumiežu slānim VSIA "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs" datubāzē "URBUMI" pieejama informācija par vairāk nekā 2000 ūdensapgādes urbumiem (neskaitot tamponētos urbumus). Lielākais ūdensapgādes urbumu skaits ierīkots Mūru-Šķerveļa ($D_3mr-šk$) (40%) un Jonišķu-Akmenes (D_3jn-ak) (23%) ūdens horizontu kompleksos, tiem seko Augšperma (P_2) (11%), Apakškarbona (C_1) (6%) un Kvartāra (Q) (5%) ūdens horizonti (3.attēls). Pārējo ūdens nesējslāņu izmantošana sastāda ~15% un tie atsevišķi netika aprakstīti.



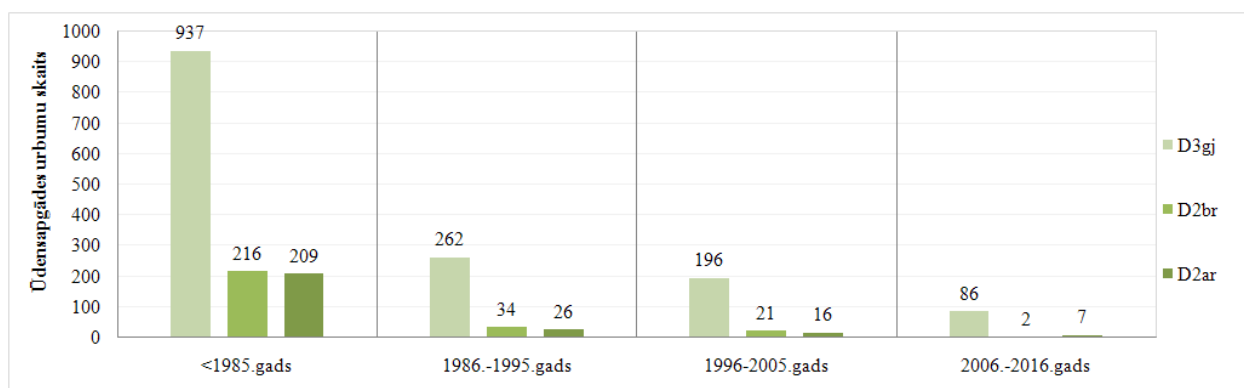
3.attēls. Ūdensapgādes urbumu skaita sadalījums pēc ierīkošanas gada un ekspluatējamā ūdens nesējslāņa Famenas izplatības apgabalā

Pļaviņu-Amulas ($D_3pl-aml$) ūdens horizontu kompleksā un pārsedzošajos Kvartāra (Q) nogulumos pieejama informācija par vairāk nekā 5000 ūdensapgādes urbumiem (neskaitot tamponētos urbumus). No tiem lielākais ūdensapgādes urbumu skaits ierīkots Daugavas (D_3dg) ūdens horizontā (40%), kam seko Pļaviņu (D_3pl) (23%) ūdens horizonts, apvienotie Pļaviņu-Daugavas (D_3pl-dg) (14%), Pļaviņu-Salaspils ($D_3pl+slp$) (10%) un Katlešu-Ogres (D_3kt+og) (5%) ūdens horizontu kompleksi (4.attēls). Pārējo ūdens nesējslāņu izmantošana sastāda ~13% un tie atsevišķi netika aprakstīti.



4.attēls. Ūdensapgādes urbumu skaita sadalījums pēc ierīkošanas gada un ekspluatējamā ūdens nesējslāņa Pļaviņu-Amulas ūdens horizontu kompleksā

Arukilas-Amatas (D_2ar-D_3am) ūdens horizontu kompleksā un pārsedzošajā Kvartāra (Q) ūdens horizontu kompleksā pieejama informācija par vairāk nekā 2000 ūdensapgādes urbumiem (neskaitot tamponētos urbumus). No tiem lielākais ūdensapgādes urbumu skaits ierīkots Gaujas (D_3gj) ūdens horizontā (60%), tam seko Burtnieku (D_2br) (10%) un Arukilas (D_2ar) (10%) ūdens horizonti (5.attēls). Pārējo ūdens nesējslāņu izmantošana sastāda ~20% un tie atsevišķi netika aprakstīti.



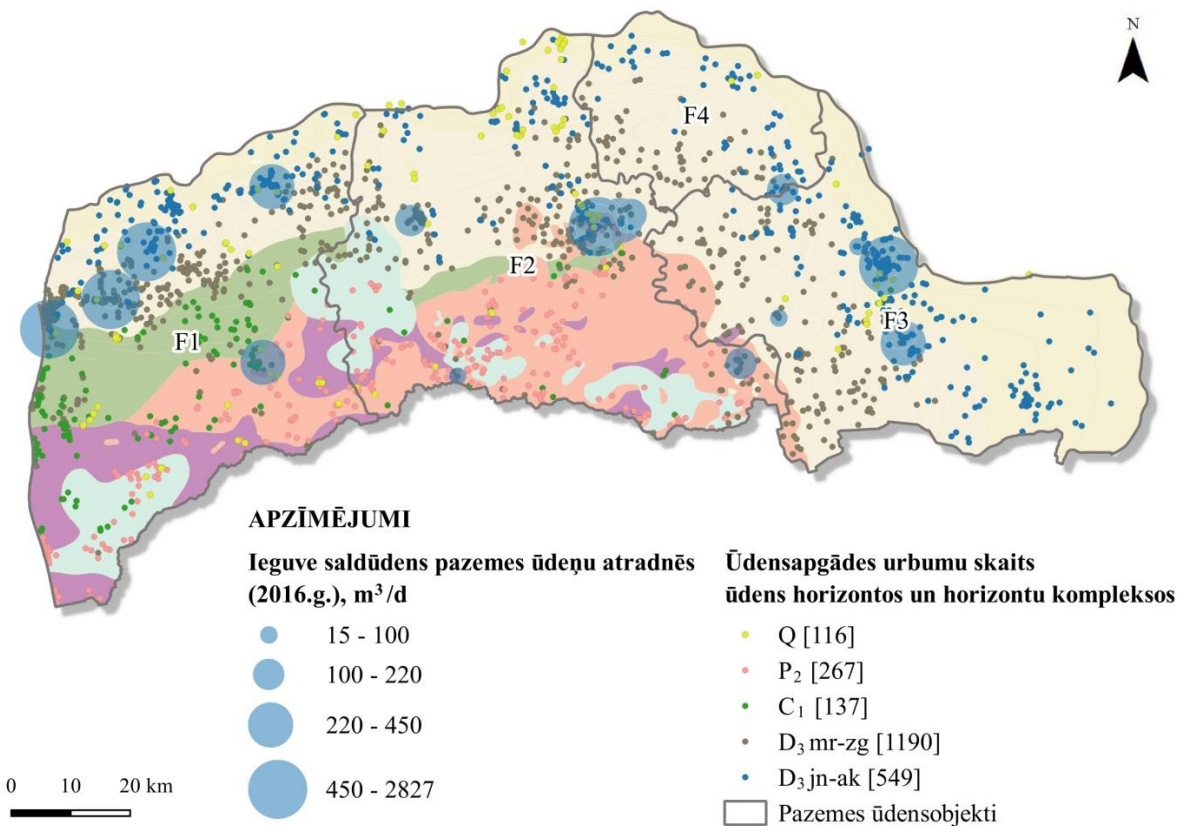
5.attēls. Ūdensapgādes urbumu skaita sadalījums pēc ierīkošanas gada un ekspluatējamā ūdens nesējslāņa Arukilas-Amatas ūdens horizontu kompleksā

Analizējot ierīkoto urbumu skaitu konkrētos ūdens horizontos pa gadiem, var gūt priekšstatu par strukturālām izmaiņām laika griezumā, t.i. vai nav mainījusies ūdensapgādē biežāk izmanto-to ūdens nesējslāņu nozīme. Piemēram, aplūkojot 3.attēlu, var secināt, ka laika posmā pēc 1985.gada būtiski samazinājies no jauna ierīkoto ūdensapgādes urbumu skaits Mūru-Šķerveļa ($D_3mr-šk$) ūdens horizontu kompleksā. Tas galvenokārt skaidrojams ar strauju ūdens kvalitātes pasliktināšanos Mūru-Žagares ($D_3mr-žg$) ūdens horizontu kompleksā Liepājas pilsētas apkārtnē, attīstoties jūras ūdeņu intrūzijai 1960-to gadu sākumā. Tomēr ūdensapgādē dominējošo ūdens horizontu relatīvais sadalījums laika posmā no 1986.gada līdz mūsdienām nav mainījies, kas ir sava veida rādītājs tam, ka nav notikušas būtiskas izmaiņas ūdens kvalitātē vai daudzumā. Kopumā ierīkoto ūdensapgādes urbumu skaits pieaug pēdējā desmitgadē, kas galvenokārt skaidrojams ar pieejamo Eiropas finansējumu ūdensapgādes urbumu ierīkošanai.

Samērā līdzīga situācija novērojama arī dziļāk iegulošajā Pļaviņu-Amulas ($D_3pl-aml$) ūdens horizontu kompleksā. Dominējošo ūdensapgādē izmantojamo ūdens nesējslāņu struktūra būtiski nav mainījusies. Pēdējā desmitgadē retāk urbumi tiek ierīkoti Pļaviņu-Salaspils ($D_3pl+slp$) apvienotajā ūdens horizontu kompleksā, kas varētu būt saistīts ar paaugstinātu sulfātjonu saturu ūdenī ģipšu šķīšanas rezultātā. Tomēr dažos reģionos šie nesējslāņi ir ekonomiski izdevīgākais risinājums ūdensapgādē, tāpēc to joprojām izmanto.

Arukilas-Amatas (D_2ar-D_3am) ūdens horizontu kompleksa dominējošā nozīme pašreiz ir reģionos, kur tas ir tuvākais ūdensapgādē izmantojamai horizontu komplekss uzreiz aiz Kvartāra(Q) nogulumiem. Tādēļ arī ierīkoto urbumu skaits šajā horizontu kompleksā pēdējā desmitgadē nav ievērojams, jo ir pieejami līdzvērtīga sastāva dzeramie ūdeņi zemes virsai tuvākos slāņos. Tomēr šī horizonta kompleksa potenciāls ir liels un pieejamie ūdens apjomi ir ievērojami, izņemot Latvijas centrālo daļu un DR daļu, kur sastopami paaugstinātas mineralizācijas ūdeņi.

Urbumu telpiskais sadalījums apstiprina, ka ūdensapgādē primāri izmanto tos ūdens horizontus, kas atrodas tuvāk zemes virspusei, jo tas saistīts ar zemākām urbuma ierīkošanas izmaksām. To vizuāli apstiprina arī Famenas piemērs (6.attēls). Vietās, kur ūdens kvalitāte neatbilst dzeramā ūdens kvalitātes prasībām (lielākoties pārsniegtas hlorīdjonu vai sulfātjonu robežvērtības) un kvantitāte nav pietiekoša (piemēram, pilsētu ūdensapgāde vai ražošanas uzņēmumi), izmanto dziļāk iegulošos ūdens horizontus. Jāatzīmē, ka Kvartāra (Q) pazemes ūdeņus plaši izmanto individuālajā ūdensapgādē, bet ierīkotos ūdensapgādes urbumus, spices un akas reti reģistrē datubāzē "URBUMI", tādēļ Kvartārā ierīkoto ūdensapgādes urbumu skaits pētāmajā teritorijā noteikti ir lielāks.



6.attēls. Ūdensapgādes urbumi un saldūdens pazemes ūdeņu atradnēs Famenas ūdens horizontu kompleksa izplatības apgabalā

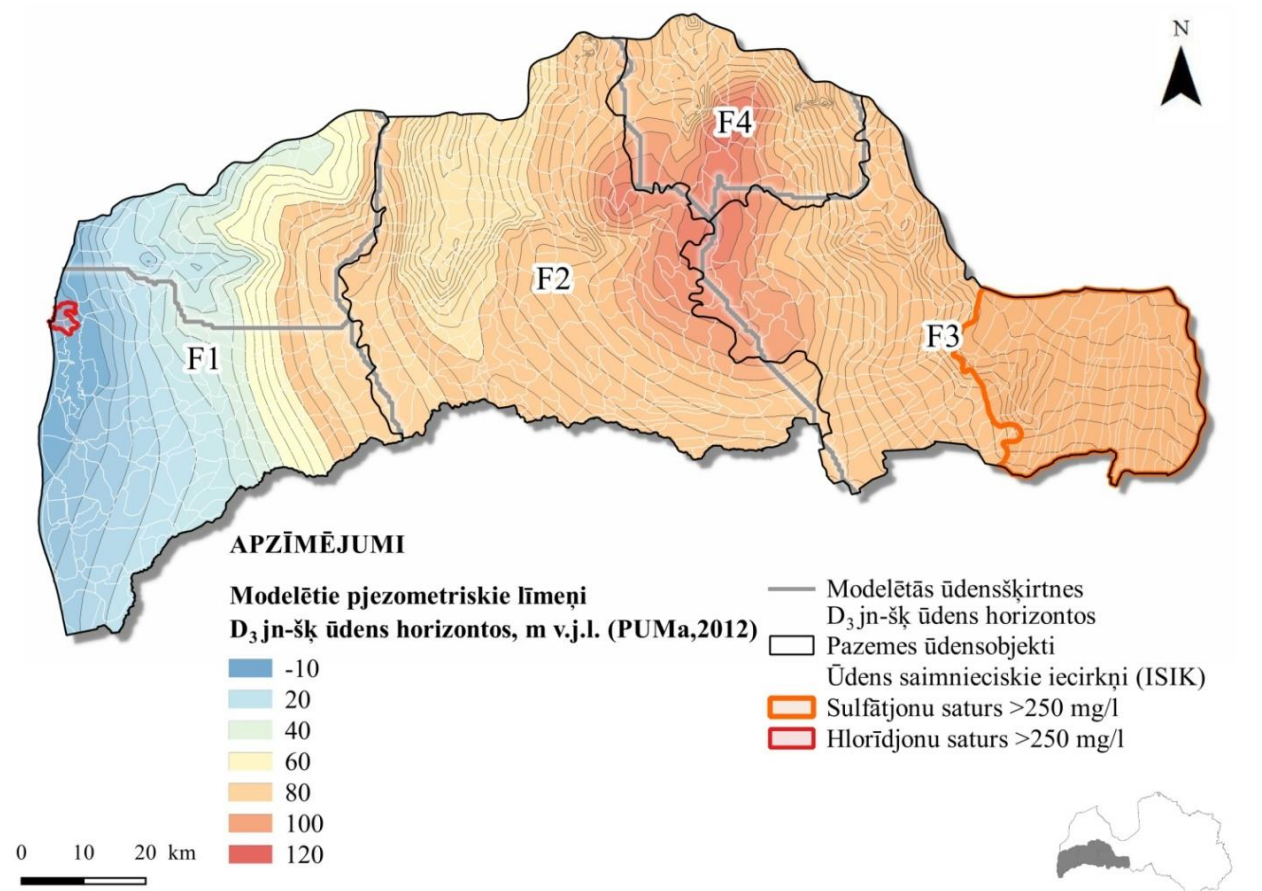
3.2. Galvenās izmaiņas un to pamatojums

Pazemes ūdensobjektu sākotnējais izdalījums tika veikts, balstoties uz identificētajām pazemes ūdensšķirtnēm, ūdens horizontos vai horizontu kompleksos. Tika izmantoti modelētie pazemes ūdens līmeņi³², jo tie aptver visu Baltijas artēzisko baseinu (tajā skaitā Lietuvu, Igauniju, daļu Baltkrievijas un Krievijas) un lielākā daļa Latvijas PŪO ir pārrobežu objekti, kā arī izdalītais PŪO P ietver Ķemeru-Pērnavas ūdens horizontus, kas LAMO modelī nav pārstāvēti vai ir kā robežnosacījumi ar vienādu biežumu visā izplatības rajonā. Pazemes ūdensšķirtnes tika izdalītas balstoties uz modelētajiem ūdens līmeņiem apvienotajos ūdens horizontu kompleksos un arī viena ūdens nesējslāņa ietvaros atkarībā no modeļa shematizācijas³³. Tika salīdzināts modelēto ūdensšķirtnu novietojums dažādos ūdens horizontos, kas veido iepriekš minēto ūdens horizontu apvienojumu, ņemot vērā ūdens horizontu izplatības robežas. Pazemes ūdensobjektu robežas tika vilktas pa modelēto ūdensšķirtnu tuvumā esošo ūdens saimniecisko iecirkņu robežām. Tas tika darīts, lai atvieglotu turpmāko PŪO apsaimniekošanas procesu un, piemēram, virszemes-pazemes sasaistes modelēšanu vismaz tās sākumposmā.

³² Virbulis, J., Bethers, U., Saks, T., Seņņikovs, J., Timuhins, A. 2013. Hydrogeological model of the Baltic Artesian Basin. Hydrogeology Journal, Vol. 21, Issue 4, p. 845-862.

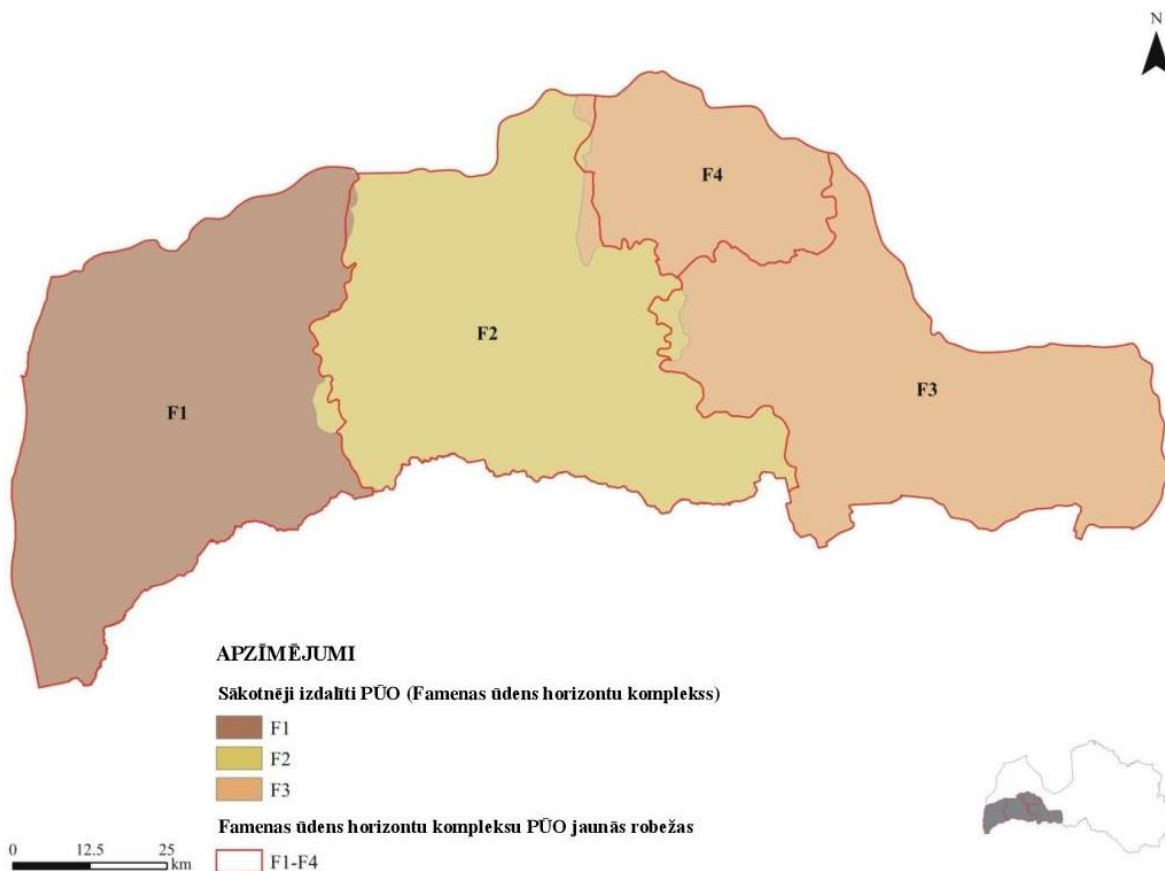
³³ Virbulis, J., Timuhins, A., Popovs, K., Klints, I., Seņņikovs, J., Bethers, U. 2012. Script based MOSYS system for the generation of a three-dimensional geological structure and the calculation of groundwater flow. In: Dēliņa, A., Kalvāns, A., Saks, T., Bethers, U. & Virčavs, V. (red.). Highlights of groundwater research in the Baltic Artesian Basin. Riga, University of Latvia, 53-57.

Vienas no mazākajām izmaiņām skāra iepriekš izdalītos Famenas apgabala PŪO (7.attēls un 8.attēls). Ņemot vērā faktu, ka šie ir zemes virsmai vistuvākie un tādēļ ūdensapgādē biežāk izmantotie ūdens nesējslāņi Latvijas dienvidrietumu daļā, tad pieejamo datu apjom s bija pietiekošs jau sākotnējā PŪO izdalīšanas posmā³⁴. Attiecīgi PŪO F1 un F2 robežas ir mainījušās minimāli un tie saglabā tos pašus nosaukumus. Sākotnējais PŪO F3 tika sadalīts divos PŪO F3 un F4 balstoties uz modelētajām ūdensšķirtnēm, kas viennozīmīgi nodala šos pazemes ūdensobjektus (7.attēls). Tāpat ir būtiski nodalīt PŪO F3 un F4, jo uz tiem var attiekties atšķirīgas intensitātes piesārņojošās slodzes. Jau pašreiz ir identificēts, ka PŪO F1, F2 un F4 dominējošais zemes lietojuma veids ir līdžīgs, bet PŪO F3 50% no teritorijas aizņem aramzemes. Pašreiz visos četros izdalītajos PŪO ietilpst gan kvalitātes, gan kvantitātes novērojumu stacijas.



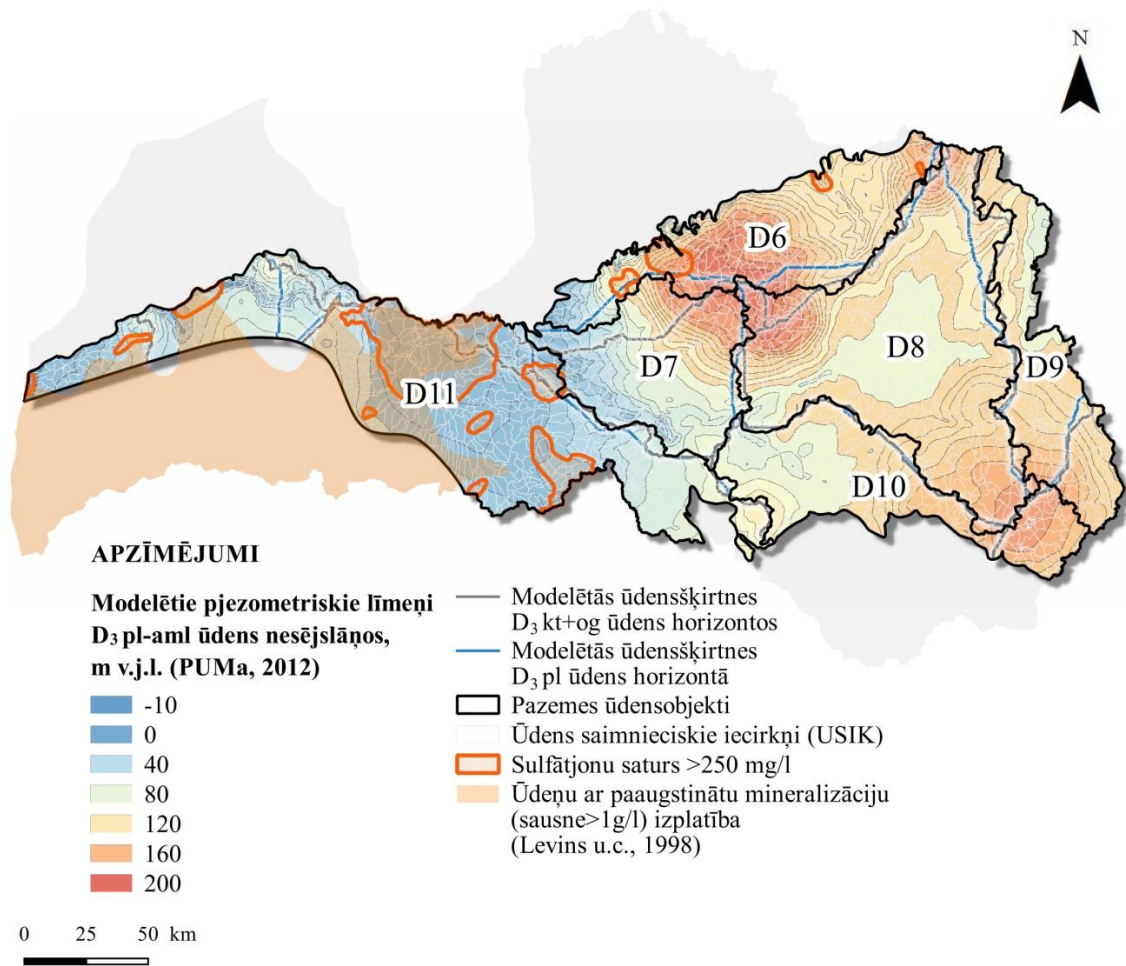
7.attēls. Modelētie pjezometriskie līmeņi Jonišķu-Šķerveļa (D₃jn-šķ) ūdens horizontu kompleksā Famenas ūdens horizontu kompleksa izplatības areālā

³⁴ Transposition and Implementation of the EU Water Framework Directive in Latvia. Technical Note 13: Final delineation of groundwater bodies and transboundary bodies. Danish Environmental Protection Agency and the Ministry of Environment of Latvia. DANCEE Project ref. No M 128/023-0004

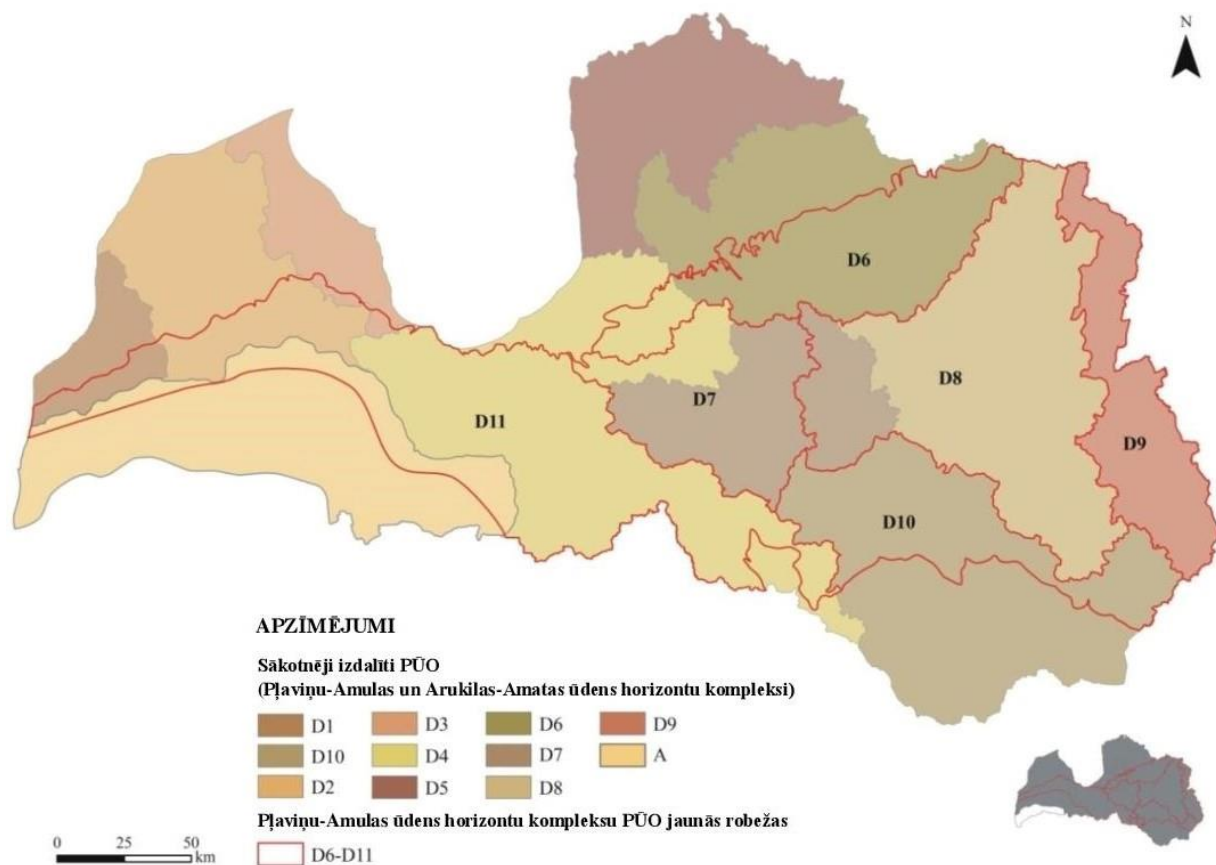


8.attēls. Sākotnējo un jaunizdalīto pazemes ūdensobjektu robežas Famenas ūdens horizontu kompleksu izplatības areālā

levērojamas izmaiņas ir notikušas sākotnēji izdalīto PŪO D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 un D10 un PŪO A robežās (9.attēls un 10.attēls). Galvenokārt izmaiņas ir skārušas tieši vertikālo sadalījumu, t.i. iepriekš kopā apvienotie Pļaviņu Amulas ($D_{3pl-aml}$) un Arukilas-Amatas ($D_{2ar-D_{3am}}$) ūdens horizontu kompleksi tagad izdalīti atsevišķi. Sākotnējā D9 objekta robežas horizontālā plaknē netika mainītas un tas saglabājis to pašu nosaukumu, bet tagad tajā ietilpst tikai Pļaviņu-Amulas ($D_{3pl-aml}$) ūdens horizontu kompleksa un pārsedzošo Kvartāra (Q) nogulumu pazemes ūdeņi. Robežas netika mainītas ņemot vērā modelēto ūdensšķirtņu novietojumu (8.attēls) un faktu, ka modeļa galējās robežas ir samērā tuvu PŪO D9 un modelī izmantoto datu apjoms par kaimiņvalstīm Krieviju un Baltkrieviju bija ierobežots.



9.attēls. Modelētie pjezometriskie līmeņi Pļaviņu-Amulas (D₃pl-aml) ūdens horizontu kompleksa izplatības areālā



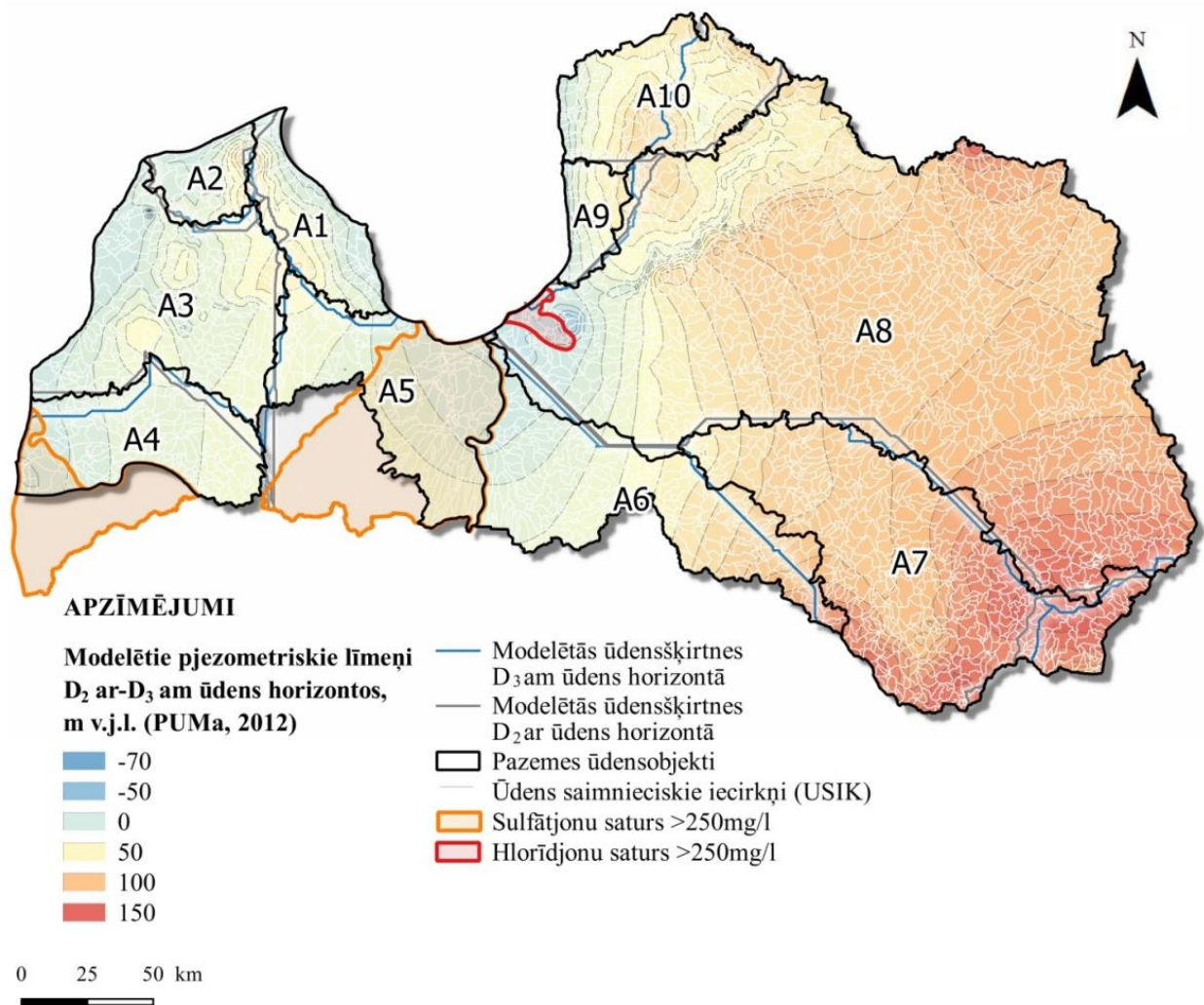
10.attēls. Sākotnējo un jaunizdalīto pazemes ūdensobjektu robežas Pļaviņu-Amulas ($D_3pl-aml$) ūdens horizontu kompleksa izplatības areālā

PŪO D8 robežas horizontālā plaknē galvenokārt mainījušās objekta rietumu daļā un tas ir kļuvis lielāks, bet vertikālā griezumā, tāpat kā pārējie objekti, tas vairs neiekļauj Arukilas-Amatas (D_2ar-D_3am) ūdens horizontu kompleksu. PŪO D6 ziemeļu daļa un PŪO D10 dienvidu daļa tagad sakrīt ar Pļaviņu-Amulas ($D_3pl-aml$) ūdens horizontu kompleksa izplatības robežām. D7 PŪO robežas galvenokārt tika identificētas balstoties uz modelētajām ūdensšķirtnēm un ņemot vērā sulfātu tipa ūdeņu izplatību, t.i. paaugstināta sulfātu saturs tika iekļauts PŪO D6.

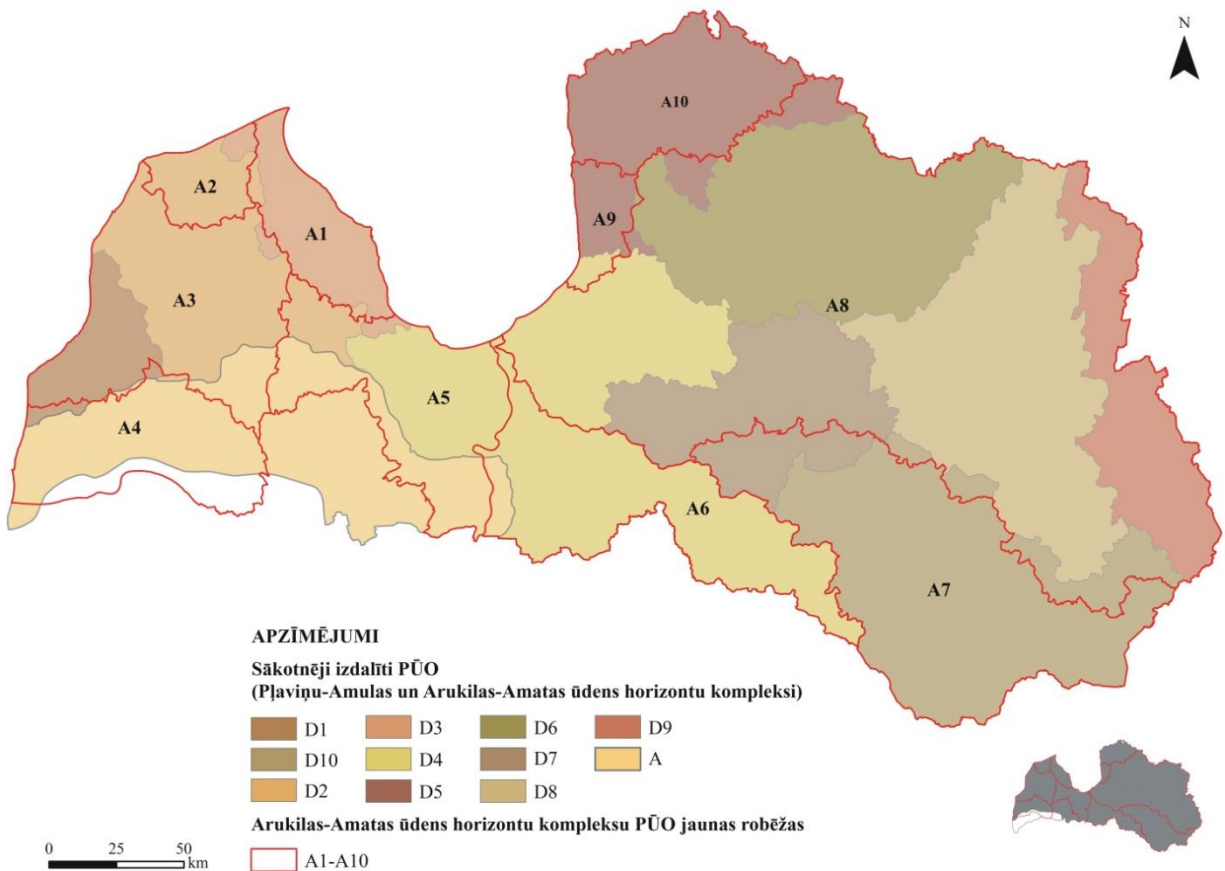
PŪO D11 sevī ietver ievērojamas paaugstinātas mineralizācijas sulfātu tipa saldūdeņu un iesālūdeņu zonas. Tas iepriekš veidoja daļu PŪO D4 un PŪO A. Jaunizdalītajā PŪO D11 kopumā sastopami zemākas kvalitātes pazemes ūdeņi, tomēr to plaši izmanto Latvijas centrālajā daļā un tā nozīme ūdensapgādē pieaug šaurā zonā ziemeļu virzienā no Famenas ūdens horizontu kompleksa izplatības apgabala. PŪO D11 dienvidu daļas robeža ir vilkta balstoties uz paaugstinātas mineralizācijas ūdeņu izplatību, kā arī ņemot vērā pazemes ūdeņu atradņu un ūdensapgādes urbumu novietojumu, attiecīgi uz dienvidiem no novilktais robežas Pļaviņu-Amulas ($D_3pl-aml$) ūdens horizontu kompleksu gandrīz neizmanto ūdensapgādē. PŪO D11 tika identificētas divas ūdensšķirtnes, kas ļautu sadalīt tā šaurāko daļu Latvijas R daļā divos mazākos PŪO. Tomēr tika nolemts šos divus PŪO pašreiz neizdalīt samērā mazās ūdensapgādes nozīmes dēļ, kā arī tas nebūtu racionāli no apsaimniekošanas viedokļa, jo zonā esošais kvalitātes monitoringa tīkls galvenokārt sastāv no monitoringa avotiem, kuru sateces baseins nav apzināts un veidošanās apstākļi nav

viennozīmīgi. Nākotnē identificējot negatīvas ūdens kvalitātes vai kvantitātes izmaiņu tendences, pieaugot zonas nozīmi ūdensapgādē vai reprezentatīvu monitoringu staciju skaitam, PŪO D11 var viegli sadalīt 3 dažādos PŪO izmantojot jau identificētās ūdensšķirtnes (9.attēls). Rezultātā ir izdalīti seši PŪO Pļaviņu-Amulas (*D_{3pl-aml}*) ūdens horizontu kompleksā, no kuriem tikai vienā PŪO D9 nav nevienas monitoringa stacijas. Jāatzīmē, ka arī iepriekš šajā objektā nebija nevienas monitoringa stacijas.

Arukilas-Amatas (*D_{2ar-D_{3am}}*) ūdens horizontu kompleksā un tā pārsedzošajos Kvartāra (Q) nogulumos izdalīti kopumā desmit PŪO – A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9 un A10 (11.attēls un 12.attēls). Daļās, kuras neatsedzas uzreiz zem Kvartāra nogulumiem, ir samērā ierobežots pieejamo datu apjoms un tas atspoguļojas arī modelēšanas rezultātos (11.attēls). Šo PŪO robežu identificēšanā liela nozīme tika veltīta ūdensapgādes urbumu un pazemes ūdeņu atradņu novietojumam (attiecīgi nozīmei ūdensapgādē), kā arī ūdens ķīmiskā sastāva atbilstībai dzeramā ūdens kvalitātes prasībām.



11.attēls. Modelētie pjezometriskie līmeņi Arukilas-Amatas(*D_{2ar-D_{3am}}*) ūdens horizontu kompleksa izplatības areālā



12.attēls. Sākotnējo un jaunizdalīto pazemes ūdensobjektu robežas Arukilas-Amatas (D_{2ar} - D_{3am}) ūdens horizontu kompleksa izplatības areālā

Vismazākās izmaiņas skārušas sākotnējo PŪO D3, kas tagad ir PŪO A1. Tā robežas horizontālā mērogā precizētas pēc modelētajām pazemes ūdensšķirtnēm (11.attēls), bet vertikālā griezumā tas reprezentē galvenokārt Arukilas-Amatas (D_{2ar} - D_{3am}) ūdens horizontu kompleksa pazemes ūdeņus, mazākā mērā Kvartāra (Q) pazemes ūdeņus.

Jaunizdalīto PŪO A3 veido daļas no sākotnēji izdalītajiem PŪO D1, D2 un A. Papildus tika izdalīts arī PŪO A2, jo dominējošais zemes lietojuma veids reprezentē galvenokārt tikai mežu platības, tomēr šajā PŪO pašreiz neietilpst neviena monitoringa stacija. Jaunizdalītie PŪO A10 un A9 galvenokārt sastāv no sākotnēji izdalītā PŪO D5, mazākā mērā no D6 un D4. Nākotnē, nosakot fona vērtības PŪO robežās, kā arī analizējot tendences monitoringa stacijās un pazemes ūdeņu atradnēs, var apsvērt iespēju apvienot PŪO A10 un A9, tomēr, ņemot vērā, ka šajos PŪO ietilpst arī Kvartāra (Q) pazemes ūdeņi, pašreiz tika nolemts objektus nodalīt balstoties uz modelētajām ūdensšķirtnēm. Kaut arī PŪO A9 neietilpst neviena monitoringa stacija, tajā atrodas pazemes ūdeņu atradnes, kurās katru gadu ir jāveic kvalitātes un kvantitātes monitorings.

PŪO A4 un A5 izdalīšanā tika ņemta vērā paaugstinātas mineralizācijas sulfāta tipa ūdeņu izplatība. PŪO A4 ziemeļu un austrumu robežas tika noteiktas, balstoties uz modelētajām ūdensšķirtnēm. Dienvidaustrumu robeža tika noteikta balstoties uz interpolēto sulfātjonu saturu (apgabals ar sulfātjonu saturu > 250 mg/l) un dienvidrietumu robeža – balstoties uz ūdensapgādes nozīmi un esošajām pazemes ūdeņu atradnēm, kā arī monitoringa stacijām, t.i. dienvidrietumu daļa tika paplašināta ietverot arī sulfāta

tipa ūdeņus, lai apsaimniekotu un kontrolētu ūdensapgādē plaši izmantojamu teritoriju Liepājas pilsētas apkārtnē.

PŪO A5 robeža austrumu daļā tika noteikta balstoties uz interpolēto sulfātjonu saturu (apgabals ar sulfātjonu saturu >250 mg/l), bet ziemeļu un ziemeļaustrumu daļā – balstoties uz modelētajām pazemes ūdensšķirtnēm. Ņemot vērā augsto sulfātjonu saturu un mazo nozīmi ūdensapgādē, PŪO A5 pārējās robežas tika noteiktas pēc reģioniem, kuros Arukilas-Amatas (D_{2ar} - D_{3am}) ūdens horizontu komplekss vēl tiek izmantots ūdensapgādē vai tam ir izmantošanas potenciāls. Attiecīgi PŪO A5 iekļauti arī zemākas kvalitātes pazemes ūdeņi zonās, kur tā izmantošana ir aktīva un tajā netika iekļauti apgabali, kuros ir zemas kvalitātes pazemes ūdeņi un tie netiek izmantoti.

PŪO D6 robeža objekta rietumu daļā balstās uz interpolēto sulfātjonu saturu, bet pārējā apgabalā tika noteikta pa Lielupes upju baseinu apgabala robežām, lai atvieglotu turpmāko apsaimniekošanu. PŪO A7 un A8 nošķirošā un modelētā pazemes ūdensšķirtne nav viennozīmīga, tomēr tā tika izdalīta, balstoties uz ievērojamo ūdensapgādes urbumu skaitu PŪO A7.

PŪO A8 netika identificētas ticamas pazemes ūdensšķirtnes un tā nozīme ūdensapgādē kopumā ir mazāka nekā citiem izdalītajiem PŪO, izņemot objekta ziemeļrietumu un ziemeļu daļu. Tomēr šai zonai ir ievērojams potenciāls un tā pašreiz tiks apsaimniekota kā vienots veselums, bet attīstoties zināšanu bāzei un ierīkojot jaunas monitoringa stacijas, iespējams, šo objektu sadalīt mazākos PŪO.

PŪO Q un P robežas netika mainītas, jo pašreiz nav pieejams pietiekošs datu apjoms, lai veiktu izmaiņas, balstoties uz ūdens sastāvu vai pazemes ūdensšķirtnēm. Piemēram, PŪO P ierīkoto urbumu skaits nav ievērojami palielinājies ūdens nesējslāņa lielā ieguluma dziļuma dēļ. Maz ticams, ka nākotnē tiks ierīkoti daudz jauni urbumi, jo pietiekoša apjoma un labas kvalitātes saldūdeņi pieejami arī mazākā ieguluma dziļumā (ekonomisks apsvēruma) virs Pērnavas (D_{2pr}) ūdens horizonta, kā arī tiks ierīkoti jauni urbumi vietās, kur ir paredzama iesāļūdeņu zonas atrašanās (pašreiz nav zināma precīza saldūdeņu-iesāļūdeņu pārejas zonas). Attiecīgi tika saglabātas P objekta robežas.

PŪO Q robežu precizēšana pašreiz nav iespējama, jo ir jāveic apjomīga datu analīze, kuras lielāko daļu sastādītu pazemes ūdens atradņu “Baltezers”, “Baltezers I” un “Baltezers II” datu interpretācija. Pašreiz monitoringa dati tiek iesūtīti tādā veidā, ka nav iespējams identificēt kvalitātes un kvantitātes tendences konkrētos urbumos, kā arī atsevišķās ūdens ieguves vietās, un attiecīgi nav iespējams novērtēt arī mākslīgās papildināšanas ietekmi. Tādēļ arī PŪO Q robežas netika mainītas, jo tam nebija pamatojuma, balstoties uz esošo zināšanu bāzi.