

Hydrogeological Modelling for the Development of Raised Bog Conservation and Restoration Projects

Hidroģeoloģiskā modelēšana augsto purvu saglabāšanas un atjaunošanas projektu izstrādei

Oļģerts Aleksāns¹, Aivars Spalviņš², Kaspars Krauklis³, Juris Pētersons⁴

¹⁻³Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija,

⁴Biedrība "Baltijas krasti", Latvija

Kopsavilkums – Hidroģeoloģiskā modelēšana veikta LIFE projekta "LIFE Restore – Degradēto purvu apsaimniekošana un ilgtspējīga izmantošana Latvijā" (projekta Nr. LIFE14 CCM/LV/001103) ietvaros. Viens no svarīgiem priekšnosacījumiem sekmīgai degradēto purva teritoriju atjaunošanai ir stabilizēts hidroģeoloģiskais režīms. Pasaulē praksē ir zināmi daudzi degradēto purvu atjaunošanas paņēmieni, un lielākā daļa no tiem ir saistīti ar hidroģeoloģiskā režīma izmaiņām, stabilizēšanu vai atjaunošanu. Ļoti populāra ir melioratīvo sistēmu pārbūve, dambēšana vai likvidēšana aizberot, reljefa planēšana un terašu veidošana, kā arī daudzi citi pasākumi. Lielākoties tie ir vērsti uz purva nosusināšanas ietekmes mazināšanu ar nolūku nodrošināt labvēlīgu hidroģeoloģisko vidi purva veģetācijas atjaunošanai. Hidroģeoloģiskā modelēšana ir svarīgs instruments, kas būtiski atvieglo degradēto purvu hidroģeoloģiskā un hidroģeoloģiskā režīma atjaunošanas un stabilizēšanas projektu izstrādi. Izmantoti Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 dati. Modelis izveidots, īstenojot Valsts pētniecības programmu "EVIDENT".

Atslēgas vārdi – Degradēts purvs, hidroģeoloģiskais modelis, pazemes ūdeņu režīms, purva veģetācija, ūdens līmeņa stabilizēšana.

I. IEVADS

Hidroģeoloģiskā modelēšana realizēta Laugas purva teritorijas saglabāšanas un atjaunošanas projekta NATURA 2000 izstrādei. Laugas purvā, blakus aizsargājamajai dabas teritorijai, pašlaik notiek saimnieciska darbība – kūdras ieguve un dzērveņu audzēšana, kas apdraud dabiskā purva ekosistēmu. Lai izstrādātu racionālu teritorijas saglabāšanas un tās hidroģeoloģiskā režīma stabilizēšanas pasākumu kompleksu, tika veikta hidroģeoloģiskā modelēšana, kuras mērķis bija noteikt galvenos faktorus, kas var nelabvēlīgi ietekmēt purva dabiskos procesus.

Svarīgākais no faktoriem hidroģeoloģiskā režīma stabilizēšanā ir purva veģetācijai nepieciešamā ūdens līmeņa dziļuma nodrošināšana – respektīvi, tas nedrīkst būt par dziļu un nedrīkst arī atrasties uzpludinājuma veidā zemes virspusē. Velkot analogijas ar novērojumiem, kas veikti citos dabiskos augstā tipa purvos Latvijā, optimālais gruntsūdens līmenis purva biotopu augšanai ir 0,2–0,3 metri no zemes virsmas. Kā rāda gruntsūdens līmeņa monitoringa novērojumi vairākos augstajos purvos Latvijā, šāds līmenis neskartā, dabiskā purvā saglabājas lielāko gada daļu. Tomēr atsevišķos gados, parasti vasaras otrajā pusē, sausuma periodos iespējama ūdens līmeņa

pazemināšanās zem 0,5 m atzīmes un pat vairāk [1], [2]. Purva veģetācijai tā jau ir bīstama robeža, jo akrotelma¹ slāņa biežums vairumā purvu nepārsniedz šos 0,5 metrus. Tomēr, kā rāda pieredze, nevienā no purviem šāda līmeņa pazemināšanās 2–3 mēnešu garumā nav izraisījusi purva augu segas virskārtas izžūšanu vai bojā eju.

Pretstatā dabiskajām ūdens līmeņa svārstībām purvā, kurām lielākoties ir sezonāls raksturs, antropogēnās ietekmes izraisītās ūdens līmeņa izmaiņas ir ilglaicīgas, un bieži vien to sekas ir neatgriezeniskas, ar nosacījumu, ka purva hidroģeoloģiskā režīma saglabāšanas pasākumi netiek veikti savlaicīgi.

Laugas purva saglabāšanas un atjaunošanas projekta izstrādes ietvaros tika izveidots Laugas purva apgabala hidroģeoloģiskais modelis, ar kura palīdzību aprēķināti pazemes ūdens līmeņi un to plūsmas, kā arī pētīts meliorācijas grāvju ūdens režīms un to ietekme uz purva neskarto daļu.

II. PĒTĪJUMA OBJEKTA VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS

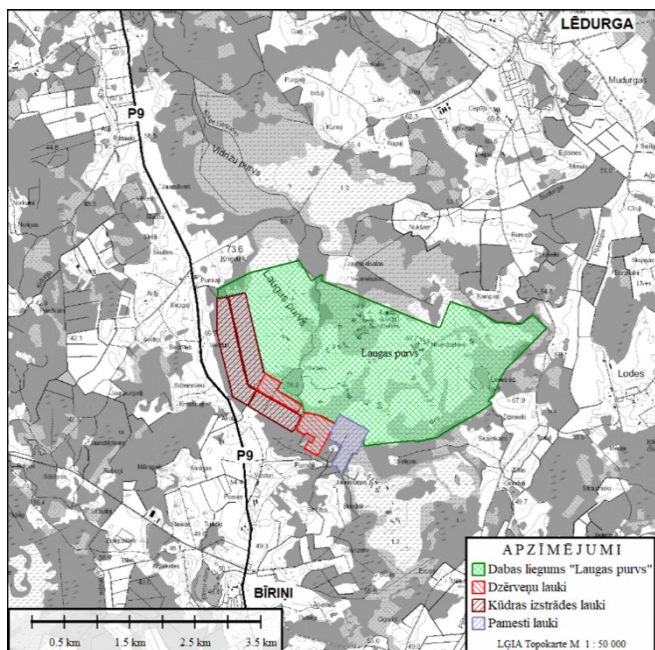
Laugas purvs atrodas 2 km attālumā uz ziemeļiem-ziemeļaustrumiem no apdzīvotas vietas Bīriņi un apmēram 4,5 km uz dienvidrietumiem no apdzīvotas vietas Lēdurga, blakus valsts reģionālajam autoceļam Ragana–Limbaži (P9), kas savieno Krimuldas novada centru Raganu pie autoceļa A3 ar Limbažiem. Administratīvi Laugas purva teritorija daļēji pieder Krimuldas novada Lēdurgas pagastam (austrumu daļa) un daļēji Limbažu novada Vidrižu pagastam (rietumu daļa). Pētījuma objekta novietojums kartē skatāms 1. attēlā.

Ģeomorfoloģiski teritorija atrodas uz robežas starp Piejūras zemieni un Idumejas augstieni, Metsepoles līdzenuma dienvidu daļā, uz austrumiem no Bīriņu vaļņa. Metsepoles līdzenuma reljefa virsmu veido subglaciālā reljefa formas, kuras līdzenuma daļā pārveidotas lokālo pieledāja baseinu un Baltijas ledus ezera krasta procesu rezultātā [3]. Vidējais teritorijas reljefa augstums ir 40–60 m vjl. [4].

Pētījuma teritorija sevī iekļauj dabas liegumu "Laugas purvs" un tā dienvidaustrumu malai piegulošos kūdras ieguves laukus, kā arī dzērveņu audzēšanas teritoriju (1. att.). Īpaši aizsargājama dabas teritorija – Natura 2000 teritorija, dabas liegums Laugas purvs – dibināts 1999. gadā īpaši aizsargājamo putnu sugu un

¹ Akrotelms ir augšējais kūdras slānis purva ekosistēmā, kur koncentrējas bioloģiski aktīvie procesi un notiek gruntsūdens līmeņa svārstības.

purva biotopu aizsardzībai. Dabas lieguma platība ir 740 ha, un tā nav apdzīvota. Liegumā iekļauta centrālā daļa no dabiskā Laugas purva, kura kopējā platība sasniedz 1876 ha [4].



1. att. Laugas purva novietojums topogrāfiskajā kartē.

Pētījumu teritorija atrodas Vidzemes Centrālās augstienes un no tās uz ziemeļiem esošās teritorijas klimatiskajā rajonā, kas raksturojas kā viens no vismitrākajiem un aukstākajiem rajoniem Latvijā, ko nedaudz mīkstina tuvā Baltijas jūras Rīgas līča ietekme. Gada vidējā reģistrētā gaisa temperatūra pētījuma objekta rajonā 30 gadu laika periodā, no 1961. gada līdz 1990. gadam, bija $5,6\text{ }^{\circ}\text{C}^2$. Vidējais atmosfēras nokrišņu daudzums, kas tiešā veidā ietekmē pētījuma teritorijas hidroloģiskos apstākļus, pēdējo 55 gadu laika periodā (1961.–2016. gads) veidoja 763 mm gadā [5].

Laugas purva teritorijā atrodas divi lielāki ezeri – Višezers un Lodes ezers –, kā arī daudz mazo ezeriņu, kas koncentrējas galvenokārt Laugas purva centrālajā daļā. No austrumu puses 10,5 ha lielajā Višezerā ieplūst purva upe Viršupe (lejtecē tiek saukta par Ķīšupi), kas ziemeļos izplūst no ezera un tālāk tek pa Metsepoles līdzenumu un Piejūras zemieni, bet pie Saulkrastiem ietek Baltijas jūrā.

Būtisku lomu pētījuma teritorijas hidroloģiskā režīma regulācijā ieņem šeit esošie meliorācijas grāvji, kuri savāc un drenē virszemes ūdeņus, tādējādi ietekmējot gan paša purva hidroloģiskos apstākļus, gan arī ūdens līmeni Višezerā. Mazākā mērā iepriekš minētais attiecas uz Lodes ezeru, jo meliorācijas sistēmas ietekmē to mazāk.

III. TERITORIJAS HIDROĢEOLOĢISKAIS RAKSTUROJUMS

Pētījuma teritorijas pirmskvartāra ģeoloģisko griezumumu veido apmēram 900 metrus bieža paleozoja nogulumiežu slāņkopa, kuras pamatnē iegul proterozoja sistēmas kristāliskais pamatklintājs ($m_7PR_1 cr$). Virs kristāliskā pamatklintāja sagul kembrija ($C_{1-2} cr$), ordovika (O_{1-2}) un silūra (S_{ln-w}) iežu

komplekss, kuru diskordanti ar stratigrāfisko pārtraukumu pārklāj devona nogulumiežu slāņkopa.

Devona perioda nogulumieži (D_{1-3}) ir pārstāvēti pilnā griezumā – sākot ar apakšdevona Ķemeru (D_{1km}) svītu un beidzot ar augšdevona Gaujas horizonta nogulumiežiem (D_{3gj}). Jaunāki nogulumieži par D_{3gj} pētījumu teritorijā ir noārdīti vēlāk sekojošajā kontinentālā apledošanas laikā ledāju un to kušanas ūdeņu darbības rezultātā. Kopējais devona kompleksa nogulumiežu biežums mainās no 370 m līdz 500 m.

Ģeoloģiskā griezumā augšējo daļu veido kvartāra nogulumu sega, kuras biežums pētījumu teritorijā nav pastāvīgs un atkarībā no reljefa artikulācijas variē robežās no 30 metriem un vairāk dabas lieguma “Laugas purvs” rietumu malā līdz 15 metriem un mazāk austrumos, Pēterupes ielejā. Zem kvartāra segas pagul augšdevona Gaujas horizonta nogulumieži.

Kvartāra slāņkopu veido galvenokārt Latvijas svītas glaciģenie nogulumi – morēnas smilšmāls un mālsmilts, izņemot tās platības, kur tie zemes virspusē pārklāti ar dažādās ģenēzes un sastāva holocēna un augšējā pleistocēna veidojumiem.

Kvartāra segas morēnā vai zem tās var būt arī smilts un grants nogulumi, kuri sastopami kā mainīga biežuma saraustītas un deformētas starpkārtas vai arī kā līdz 2–5 metru un vairāk biezi slāņi, kas iestarpināti morēnas masīvā. Turklāt minētie nogulumi veido atsevišķus paugurus, grēdas, masīvus vai šo formu kodolus un pamatnes. Smilts, aleirītiskas smilts un grants nogulumi var pārklāt arī atsevišķu starppauguru un ielejveidīgo pazeminājumu nogāzes vai aizpildīt to gultnes [6].

Teritorijā ir plaši izplatīti virs morēnas sagulošie Latvijas svītas fluvioglaciālie nogulumi, kuri pētījumu rajonā sastopami atsevišķu laukumu veidā. Holocēna perioda nogulumi, kas veidojās Zemes ģeoloģiskās vēstures pēdējos 10 tūkst. gados, pētījumu teritorijā ir pārstāvēti atsevišķu upju ielejās alūvija veidā un purvos kā kūdra un sapropelis.

Īpaši plaši ir izplatīti purva nogulumi, kuru biežums dažādās vietās ir atšķirīgs, bet maksimālais konstatēts Laugas purvā, kur izteikti dominē augstais purvs, un ierobežotās teritorijās arī pārejas un zemais purvs. Purva nogulumus pārsvarā veido kūdra, bet atsevišķos gadījumos ir konstatētas arī sapropela starpkārtas.

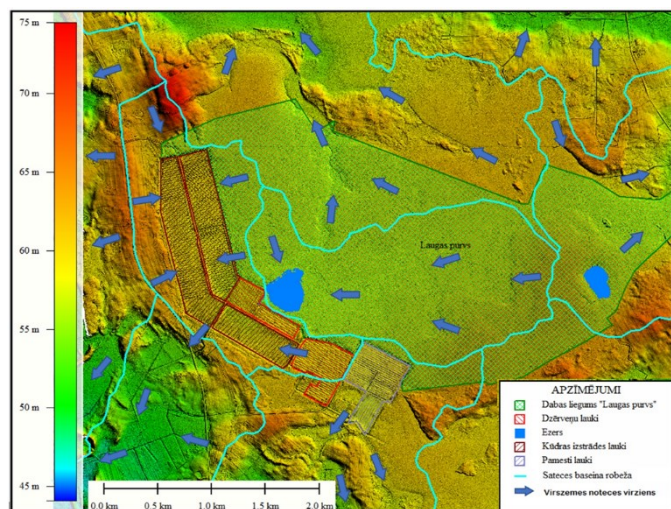
No hidroģeoloģiskā viedokļa galvenā loma plānoto atjaunošanas pasākumu realizācijai projekta teritorijā un modeļa izstrādei ir kvartāra ūdens horizontu kompleksam, kas sevī ietver purva nogulumus, kā arī zem kvartāra segas pagulošajiem Gaujas, Burtnieku un Arukilas ūdens horizontiem. Dziļāk atrodas reģionālais, 60–126 m biežais ūdens vāji caurlaidīgo iežu sprostsplānis, kas atdala virs tā esošo aktīvās ūdens apmaiņas zonu no dziļāk iegulošajiem pasīvās ūdens apmaiņas zonas horizontiem.

Purva nogulumu ūdens horizonts ir izplatīts lielākajā projekta teritorijas daļā un ir galvenais pētījuma objekts. Laugas purvs ir viens no lielākajiem šajā rajonā, ar līdz pat 8 m biezu kūdras slāni [4]. Laugas purva nogulumu ūdens horizonts sagul uz Latvijas svītas glaciģenajiem smilšmāla un mālsmilts nogulumiem. Purva ūdens horizonta līmeņi praktiski vienmēr ir augstāki par pagulošajiem horizontiem, un tāpēc purva ūdeņu filtrācija ir vērsta no augšas uz leju – uz zemāk esošo horizontu. Tomēr ir arī lokāli izņēmumi, kur purvu zemākajās vietās vai to nomalēs pagulošā horizonta ūdens līmenis ir augstāks par

² <http://www2.meteo.lv/klimatariks/>

gruntsūdens līmeni purva nogulumos. Šādas vietas ir Laugas purva perifēriālajā zonā, kā arī izstrādātajos kūdras laukos Laugas purva dienvidu-dienvidrietumu daļā (1. att.).

Reģionālā gruntsūdens plūsma lielākajā Laugas purva daļā ir vērsta rietumu vai ziemeļrietumu virzienā, un tikai salīdzinoši nelielā teritorijā Višezera rajonā virszemes plūsma notiek dienvidu-dienvidaustrumu virzienā. Savukārt Laugas purva austrumu daļā, Lodes ezera sateces baseinā, virszemes ūdeņu plūsmā dominē austrumu virziens. Minēto ilustrē virszemes noteces modelēšanas rezultāti, kas skatāmi 2. attēlā.



2. att. Gruntsūdens sateces baseinu un plūsmas virzienu karte.

Saskaņā ar hidroģeoloģiskajiem pētījumiem citos augstajos purvos Latvijā [7], purva nogulumu filtrācijas koeficients parasti svārstās starp 0,02–0,04 m/d. Līdz ar to šo nogulumu ūdens atdeve ir neliela, un filtrācija kūdras slānī notiek lēni, galvenokārt pateicoties hidrostatiskajam spiedienam. Tieši tāpēc izteikti lielākā purva daļā gruntsūdens horizonta ūdeņi notek ar virszemes plūsmu caur akrotelma slāni, atslogojoties dabiskajās ūdenstecēs vai meliorācijas grāvjos.

Būtiskāku, bet ne noteicošu, lomu kvartāra nogulumu ūdens apmaiņā ieņem pētāmajā teritorijā sastopamie morēnas masīva iekšienē vai tā pamatnē izvietotie vairākus metrus biezie nogulumu no dažādgraudainas smilts-grants un oļu piejaukumu. Šie iekšmorēnas slāņi jeb “lēcas” var saturēt arī spiedienūdeņus, kas var būt hidrauliski saistīti ar purva nogulumiem un tādējādi sekmēt to ūdens krājumu papildināšanos.

IV. HIDROĢEOLÓĢISKĀ MODELĒŠANA

Hidroģeoloģiskā modelēšana realizēta Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes Vides modelēšanas centrā (VMC). Pētījums veikts, izmantojot licencētu programmatūru “Groundwater vistas 6” (GV) [8] un SURFER12 programmu [9] grafisko materiālu noformēšanai. Izmantoti VMC izveidotā Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 dati [10] un pārskata [11] materiāli.

Hidroģeoloģisko modeli veido astoņi slāņi [11] (I. tabula); no tiem pirmais un astotais kalpo kā robežnoteikums ar fiksētu ūdens līmeni. Šo slāņu pieņemtais biežums modelī ir tikai 0,02 m, tie neapraksta reālus ģeoloģiskos slāņus dabā, bet ir nepieciešami kā virtuāls elements modelī tā robežnosacījumu

definēšanai. Arī formālais 2. sprosts slānis nepieciešams tikai meliorācijas grāvju pareizai piesaistei reljefam.

I. TABULA

LAUGAS PURVA APGABALA HM VERTIKĀLĀ SHEMATIZĀCIJA UN MODELĪ IZMANTOTIE HIDROĢEOLÓĢISKIE PARAMETRI

HM slāņa Nr.	*	Slāņa nosaukums	Slāņa kods	Filtrācijas koeficients, m/dnn	Biezums, m	Piezīmes
1.		Reljefa virsma	rel	10,00000	0,02	Robežnoteikums
2.		Aerācijas zona	aer	0,10000	0,02	
3.		Purva augša un morēna	B3, gQ	0,50000 un 0,00140	0,70	$k_z / k_{xy} = 0,1$
4.		Purva vidus un morēna	B2, gQ	0,01000 un 0,00140		
5.		Purva apakša un morēna	B1, gQ	0,00100 un 0,00140		
6.		Morēna	gQ	0,00140		$k_z / k_{xy} = 0,3$
7.		Apakšējais Gaujas sprosts slānis	D3gj1z	0,00028		
8.		Apakšējais Gaujas horizonts	D3gj1	10,00000	0,02	Robežnoteikums

* Sprosts slānis

Hidroģeoloģiskā modeļa režģa plaknes aproksimācijas solis ir 4 metri. Kā augšējais robežnoteikums modelī izmantots digitālais reljefa modelis, kurš ir aproksimēts un pielāgots modeļa prasībām (3. A att.). Purva malas līnija modelī atdala purvu no mālsmiltīm (melnā līnija 3. A attēlā), kurām, līdzīgi kā Latvijas hidroģeoloģiskajam modelim LAMO4, filtrācijas koeficients ir noteikts $k = 0,0014$ m/d.

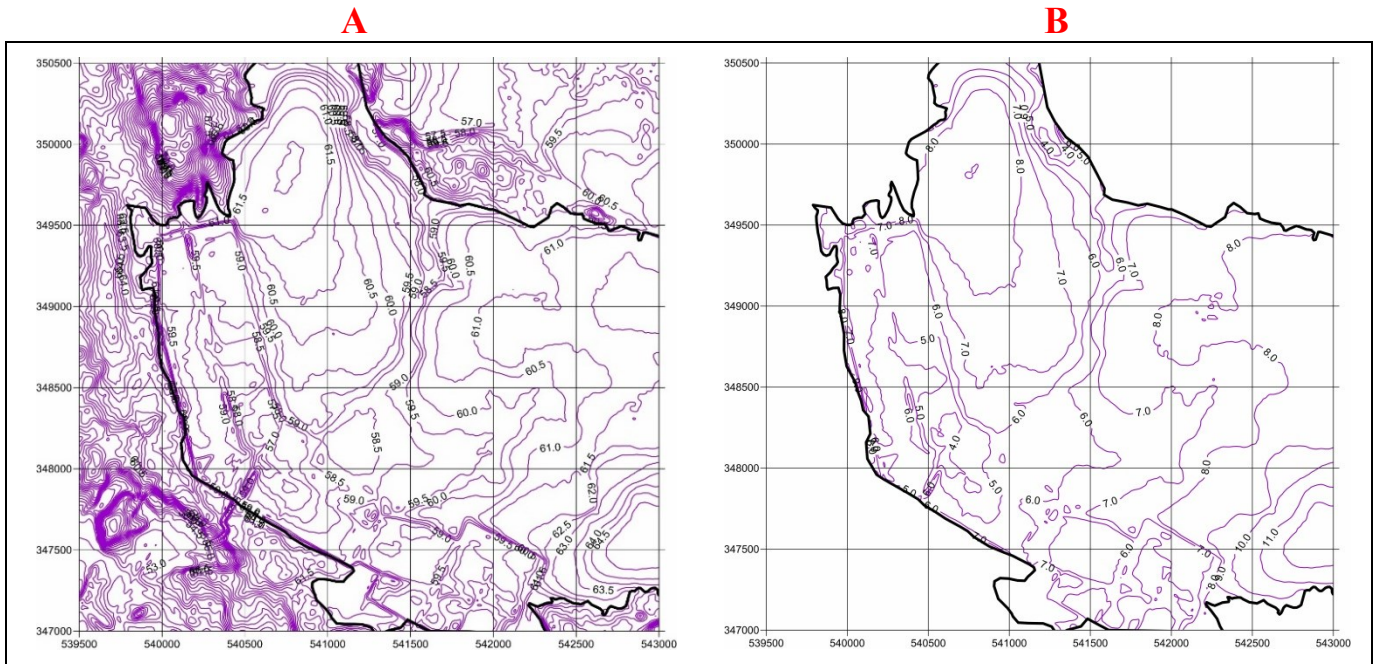
Kvartāra morēnas nogulumus gQ modelē 6. slānis, kura apakšējā virsma ņemta no LAMO4, un morēnas nogulumu filtrācijas koeficients pieņemts $k = 0,0014$ m/d [12]. Purva nogulumu (kūdras) izplatības areāla robežās par gQ augšējo virsmu HM izmanto 53 m vjl, kas modelī nodrošina mainīgu purva nogulumu biežumu (3. B att.). Modeļa dienvid-rietumu stūrī šīs virsmas augstums samazinās zemāka reljefa dēļ.

Sprosts slāni G3gj1z modelē 7. slānis. Tā biežums mainās no dažiem metriem ziemeļu-ziemeļrietumu daļā līdz 15 m un vairāk modeļa dienvidaustrumu stūrī. Pieņemtais filtrācijas koeficients Gaujas sprosts slānim $k = 0,00028$ m/d; izmantoti LAMO4 dati [10].

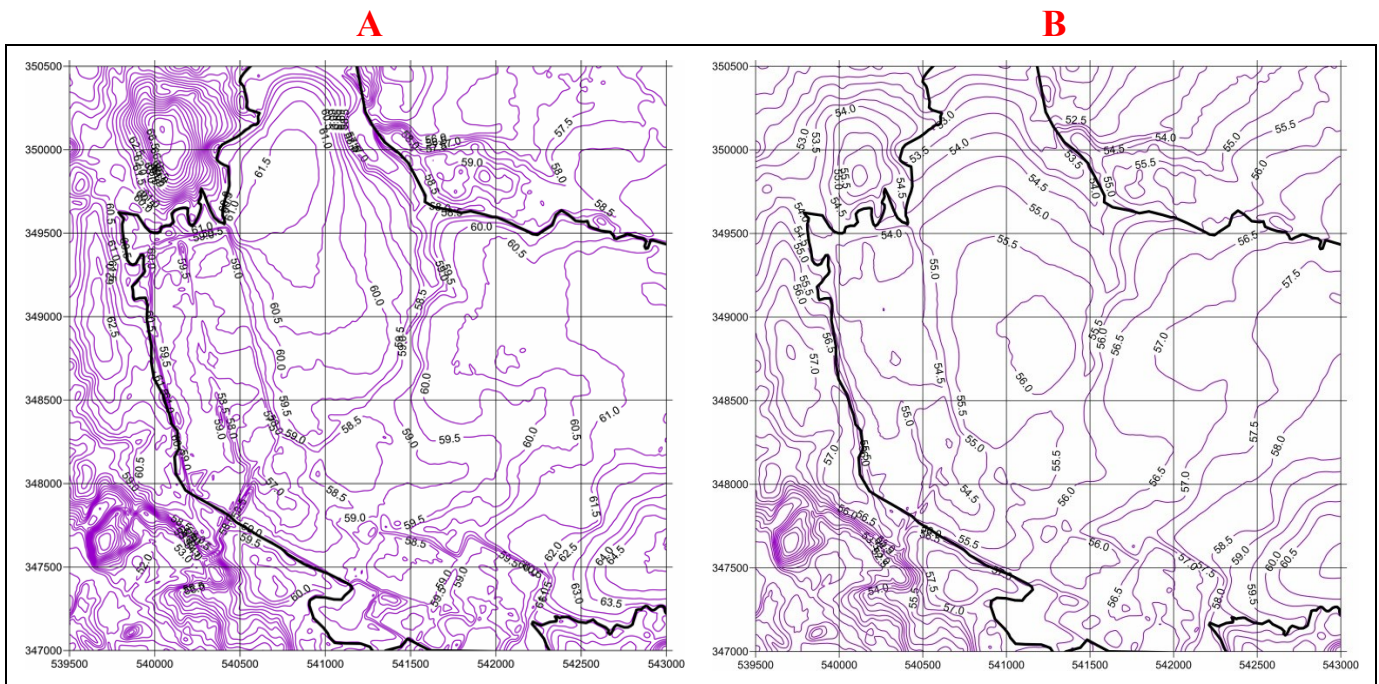
Kā robežnoteikums 1. slānī un HM augšas ģeometriskā virsma izmantots digitālais reljefs, kuram veikta digitālā filtrēšana, lai to nogludinātu. Robežnoteikums 8. slānī horizontam D3gj1 ņemts no LAMO4 [10]. Modeļa aktīvo daļu veido sprosts slāņi, tāpēc modeļa vertikālās sānu virsmas ir ūdens necaurlaidīgas un tām nav izmantoti ūdens līmeņu robežnoteikumi (izņemot 1. un 8. slāni).

Modelētie ūdens līmeņi purva apakšā B1 un morēnā gQ skatāmi attiecīgi 4. A un 4. B attēlā.

Hidrogrāfiskā tīkla elementi “pieslēgti” 3. slānim B3. Ķīšupe, strauts un grāvis modelēti kā GV robežnoteikums “River”, bet ezers kā GV robežnoteikums “General Head Boundary”. Upes,



3. att. A – projekta apgabala digitālā reljefa augstumlīkņu karte; B – purva nogulumu biezuma karte.



4. att. A – pazemes ūdens līmenis B1 slāni, m vjl.; B – pazemes ūdens līmenis gQ slāni, m vjl.

strauna un grāvja pazemes ūdens pieteces grafiki iegūti ar *GV* rīku “*Mass Balance*” režīmā “*BC Flow Accretion Curve*”.

Saskaņā ar modelēšanas rezultātiem [11], Viršupē/Ķīšupē no purva ieplūst apmēram $180 \text{ m}^3/\text{d}$ gruntsūdens. Upes posmā ārpus purva, kurā tā plūst pa mālsmiltis nogulumiem, gruntsūdens atslodze upē nenotiek, vai arī tā ir ļoti niecīga un ar to var nerēķināties. Purva upē, kura ietek Višezera austrumu malā (skat. 6. A att.), no purva augšējā, labi filtrējošā slāņa upē ieplūst apmēram $13 \text{ m}^3/\text{d}$ ūdens.

Salīdzinoši liels ūdens daudzums no purva dabiskās daļas aizplūst rietumu-dienvidrietumu virzienā – kūdras izstrādes laukus ierobežojošajā kontūrgrāvī – $317 \text{ m}^3/\text{d}$.

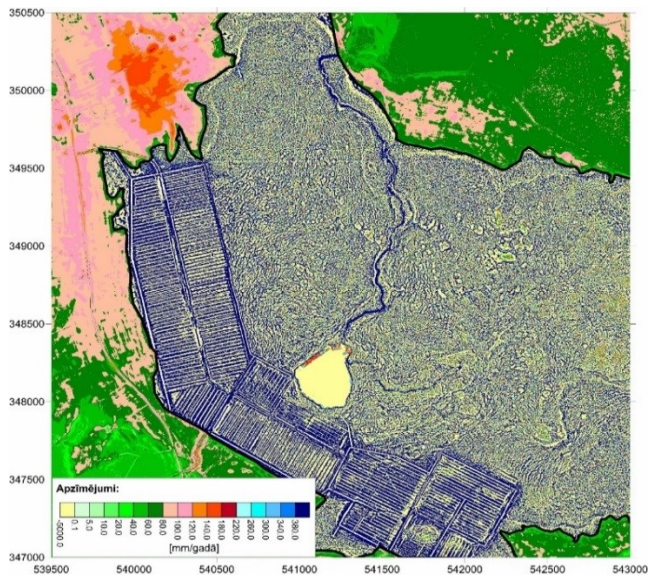
Hidroģeoloģiskās modelēšanas rezultāti liecina (skat. II. tabulu), ka no ezera caur tā pamatni apmēram $70 \text{ m}^3/\text{d}$ ūdens iefiltrējas dziļākajos pazemes horizontos. Neliela ūdens daļa no ezera aizplūst gruntsūdens veidā caur tā krasta zonu.

Hidroģeoloģiskās modelēšanas rezultāts liecina, ka Višezera pastāvēšanu un tā hidroloģisko režīmu galvenokārt nodrošina tas ūdens daudzums, kas ezerā nonāk no purva caur augšējo, labi filtrējošo nesadalījušās kūdras (t. sk. akrotelma) slāni, kā arī virszemes notece ceļā.

Izmantojot modelēšanas programmā paredzēto iespēju noteikt vertikālās plūsmas ātrumu V_z m/d, var aprēķināt infiltrācijas plūsmu sadalījumu $V_z \times 365\,000$, mm/gadā, visiem

modeļa slāņiem. Tā ir svarīga informācija par ūdens apmaiņu gan starp atsevišķiem horizontiem, gan arī, konkrētajā gadījumā – starp modelī virtuāli nodalītajiem purva nogulumu slāņiem B3, B2 un B1.

Modelēšanas rezultāti uzrāda [11], ka visintensīvākā infiltrācija notiek purva nogulumu augšējā (B3) slānī (skat. I. tabulu). Modelētā gruntsūdens horizonta (B3) ūdens krājumu papildināšanās no atmosfēras nokrišņiem to vertikālās filtrācijas rezultātā, mm/gadā, projekta un tai piegulošajās teritorijās skatāma 5. attēla kartē.



5. att. Modelētā purva nogulumu slāņa B3 ūdens krājumu papildināšanās ar atmosfēras nokrišņiem to vertikālās filtrācijas rezultātā, mm/gadā.

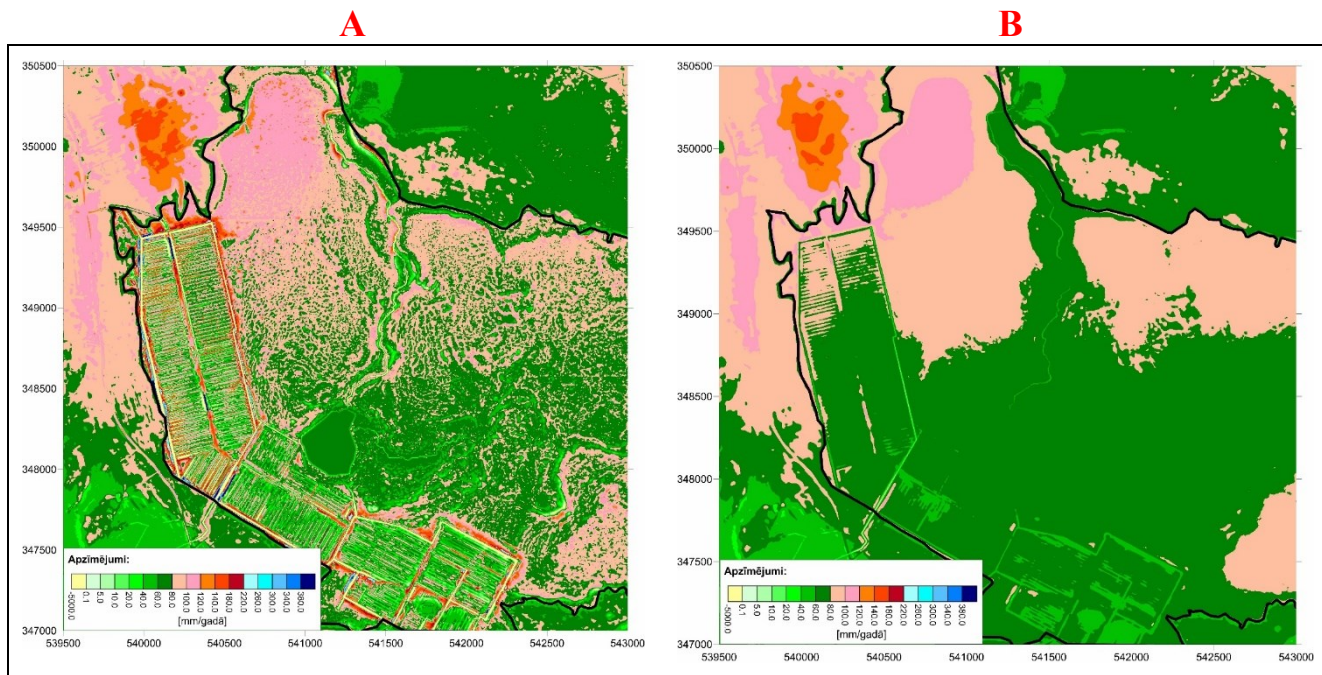
No šīs kartes redzams, ka visā purva masīvā notiek intensīva atmosfēras nokrišņu infiltrācija, kas pārsniedz 300–350 mm/gadā, un tas ir gandrīz puse no tās vidējās gada nokrišņu summas (763 mm). Salīdzinājumam: purvam piegulošajā teritorijā atmosfēras nokrišņu infiltrācijas rādītāji modelētajam B3 slānim ir daudzreiz mazāki un parasti nepārsniedz 100–150 mm/gadā (skat. karti 5. attēlā).

Vienlaicīgi jāatzīmē, ka purva dabīgajā daļā, paralēli nokrišņu infiltrācijai, tāpat vērojama iztvaikošana, tajā skaitā arī no Višezera ūdens virsmas (5. attēla kartē dzeltenā krāsa), kas nav tipiski purvam piegulošajai teritorijai. Uz ūdens iztvaikošanu no purva augšējā slāņa B3 norāda 5. attēlā skatāmais raksturīgais kartes mozaikas raksturs.

Divās nākamajās kartēs 6. attēlā dota purva ūdens krājumu papildināšanās mm/gadā vertikālās filtrācijas rezultātā no augstāk iegulošā (pārklājošā) slāņa: A – modelētajam purva nogulumu slānim B2; B – purva nogulumu slānim B1. No šīm kartēm redzams, ka vertikālās ūdens pārteces apjoms ar dziļumu samazinās, kas arī ir loģiski, jo, palielinoties dziļumam, pieaug kūdras blīvums un samazinās tās filtrācijas koeficients.

Purva dabīgajā daļā B2 slānī caurmērā nonāk vairs tikai 40–60 mm/gadā (skat. 6. A attēlu). Virzienā uz purva perifēriju, it īpaši ziemeļu-ziemeļrietumu virzienā, infiltrācijas rādītājs B2 slānī palielinās līdz 80–100 mm gadā. Ti un nedaudz mazāk – dienvidaustrumu virzienā, infiltrācijas e ir nogabali, kuru ietvaros zemāk esošais kūdras slānis B1 saņem ūdeni infiltrācijas ceļā no augšējā B2 nogulumu slāņa. Šeit notiek intensīvāka vertikālā ūdens pārtece virzienā no augšas uz leju salīdzinājumā ar purva centrālo daļu.

Kopsavilkums par pazemes ūdeņu bilances elementu aprēķinu visam Laugas purva modeļa laukumam, kas iegūts ar modelēšanas programmā iebūvēto rīku “Mass balance”, dots II. tabulā.



6. att. Modelētā purva ūdens krājumu papildināšanās vertikālās filtrācijas rezultātā no augstāk iegulošā slāņa, mm/gadā: A – purva nogulumu slānim B2; B – purva nogulumu slānim B1.

II. TABULA

PAZEMES ŪDEŅU BILANCES ELEMENTU APRĒKINS LAUGAS PURVA MODEĻA TERITORIJAI

Slāņa kods	Slāņa augša			Slāņa apakša			Kopā 4 + 7	Robeža	Upes, grāvji	Ezeri
	Ieplūde	Izplūde	2 + 3	Ieplūde	Izplūde	5 + 6				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
aer	12687,9	-10066,7	2621,2	9973,3	-12594,3	-2621,0	0,2	-0,2	0,0	0,0
B3	12594,3	-9973,3	2165,0	782,1	-2962,6	-2180,5	440,5	-0,4	-510,0	69,9
B2	2962,6	-782,1	2180,5	3,5	-2183,9	-2180,4	0,1	-0,1	0,0	0,0
B1	2183,9	-3,5	2180,4	0,0	-2180,2	-2180,2	0,2	-0,2	0,0	0,0
gQ	2180,2	0,0	2180,2	0,9	0,0	-2179,3	0,9	-0,9	0,0	0,0
D3gjlz	2179,3	0,0	2179,3	0,0	-2179,3	-2179,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Modelis	12687,9	-10066,7	2621,2	0,0	-2179,3	-2179,3	441,9	-1,8	-510,0	69,9

II. tabulā redzams, ka purva virskārtā (modelī definēta kā aerācijas zona), kas varētu atbilst akrotelma slānim dabā, notiek intensīva ūdens ieplūde ($12\,688\text{ m}^3/\text{d}$) un izplūde ($-10\,067\text{ m}^3/\text{d}$). Interesanti atzīmēt, ka ūdens pārtece caur modeļa slāņu pamatni praktiski visos līmeņos ir vienāda – $\sim 2180\text{ m}^3/\text{d}$. Tas ir ūdens daudzums, kas nonāk augšējā devona Gaujas ūdens horizontā un papildina tā pazemes ūdens krājumus. Savukārt horizontālā plūsma (8. kolonna II. tabulā) visos horizontos (izņemot augšējo B3 slāni) praktiski nenotiek un ir vienāda ar nulli.

V. SECINĀJUMI

Modelēšanas rezultāti apstiprina faktu, ka dabas lieguma “Laugas purvs” augstā purva veģetācijas saglabāšanai viens no svarīgākajiem priekšnosacījumiem ir stabilizēts hidroloģiskais režīms. Purva veģetācijai lielākos draudus rada nevis nokrišņu iztrūkums vasarā, bet gan tā centrālajā daļā esošā Višežera ūdens līmeņa izmaiņas. Tieši Višežers ir dabas lieguma centrālais elements, kas nodrošina ūdens līmeņa stabilitāti Laugas purva centrālajā daļā apmēram 319 ha platībā.

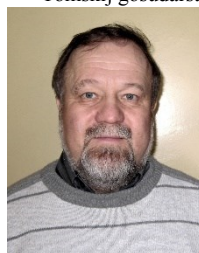
Laugas purva hidroloģiskais modelis izveidots uz Latvijas hidroloģiskā modeļa LAMO4 bāzes. LAMO4 izstrādāts, īstenojot Valsts pētniecības programmu “EVIDenT”.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] O. Aleksāns, “Hidroloģiskie un geoloģiskie pētījumi Ziemeļu purvu dabas liegumā,” *Mitrāji Life+ Project*. Rīga, 2015 [Online]. Available: <http://www.mitrāji.lv/wp-content/uploads/2015/02/Hidrolo%C4%A3iskie-un-%C4%A3eolo%C4%A3iskie-p%C4%93t%C4%ABjumi-Zieme%C4%BCu-purv%C4%81.pdf>
- [2] O. Aleksāns, *Hidroloģiskajam novērtējumam kūdras ieguvei atradnē „Nidas purvs” Dienvidkurzemes mežsaimniecības Nīcas meža iecirkņa teritorijā Rucavas novada Rucavas pagastā*, sēj. Pārskats, Rīga: DGE Latvia SIA, 2014.
- [3] K. Lamsters, *Fenoskandijas ledus vairoga Zemgales loba subglaciālā reljefa sistēms un dinamika*, promocijas darba kopsavilkums. Rīga: Latvijas Universitāte, 2015 [Online]. Available: https://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/zinas/Prom-kops_Lamsters_Kristaps_final.pdf
- [4] Eko forums, *Dabas lieguma “Laugas purvs Dabas aizsardzības plāns laika posmam no 2017. līdz 2029. gadam*, red. G. Freimane. Rīga: biedrība “Baltijas krasti”, 2016/2017 [Online]. Available: https://www.daba.gov.lv/upload/File/DAPi_apstiprin/DL_Laugas_purvs_1_7.pdf
- [5] O. Aleksāns, *Latvijas nokrišņu karte laika periodam no 1961. līdz 2016. gadam*. Rīga: Npublicēti dati, 2017.
- [6] V. Zelčs, “Limbaži uval moraine area,” *Pleistocene Stratigraphy, Ice Marginal Formations and Deglaciation of the Baltic States*. Tallinn: Estonian Academy of Sciences, 1993.
- [7] V. Driķis un J. Prols, *Atskaite par hidroloģiskajiem darbiem Ķemeru un Jaunkēmeru rajonā savstarpējās ietekmes izpētei (iepriekšējā stadija)*

starp sērūdeņradi saturošajiem ūdeņiem un saldūdeņiem ar mērķi noskaidrot to krājumu pārvērtēšanas nepieciešamību, sēj. 1. Skruna: Latvijas ģeoloģijas pārvalde, 1985.

- [8] Environmental Simulations, Inc., *Groundwater Vistas version 6. Guide to Using*, 2011.
- [9] Golden Software, Inc., *SURFER. User's Guide*, 2011.
- [10] A. Spalviņš, *Pārskats “Latvijas hidroloģiskā modeļa LAMO pilnveidošanas starprezultāti.”* Rīga: VMC, 30. lpp., 2015 [Online]. Available: http://www.emc.rtu.lv/VPP/ATSK_LVGMC_2015_teksts.pdf
- [11] A. Spalviņš, *Pārskats Laugas purva apgabala hidroloģiskā modelēšana*. Rīga: Rīgas Tehniskā universitāte, 15. lpp. 2017.
- [12] B. S. Maslov, *Gidrologija torfjanyh bolot, t. Uchebnoe posobie*, Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet, 2008.



Olgerts Aleksāns was born in Latvia. In 1979, he graduated from Vilnius State University as a Hydrogeologist & Engineering Geologist. In 2011, O. Aleksāns received the Doctor's degree in Geology. Since 2011, he is a researcher at the Environment Modelling Centre of RTU.
E-mail: oal@dge.lv;
olgers.aleksans@gmail.com



Aivars Spalviņš was born in Latvia. In 1963, he graduated from the Riga Polytechnical Institute (since 1990 – Riga Technical University) as a Computer Engineer. A. Spalviņš is the Head of the Environment Modelling Centre of RTU. His research interests include computer modelling of groundwater flows and migration of contaminants.
E-mail: Aivars.Spalvins@rtu.lv



Kaspars Krauklis received the Master's degree in Computer Systems from the Riga Technical University in 2007 and the Certificate in Teaching of Engineering Sciences from the Institute of Humanities of RTU in 2005. He is a researcher at the Environment Modelling Centre of RTU.
E-mail: kasparskrauklis@gmail.com



Juris Pētersons. Mg oec., Biedrība “Baltijas krasti”. More than 15 years' experience in the field of environmental protection, development and improvement of environmental infrastructure to minimise the human impact with the aim to increase the spread of the natural environment. Activities include different projects financed from the EU financial instruments and the State Budget.
E-mail: www.juris@gmail.com

Hydrogeological Modelling for Development of Raised Bog Conservation and Restoration Projects

Olgerts Aleksāns¹, Aivars Spalviņš², Kaspars Krauklis³, Juris Pētersons⁴

¹⁻³ Riga Technical University, Latvia

⁴ Association Baltic Coasts, Latvia

Hydrogeological modelling was carried out within the framework of the LIFE project "LIFE Restore - Management and sustainable use of degraded bogs in Latvia" (project No. LIFE14 CCM / LV / 001103).

A stabilizing hydrological regime is one of the important preconditions for successful restoration of degraded bogs. Many practices of regeneration of degraded bogs are known in the world, and most of them relate to the exchange, stabilization or recovery of hydrological regime. It is very common to rebuild, block or eliminate land drainage systems, land elevation planning and building of terraces, as well as many other methods. Most of these techniques are aimed at mitigating the impact of drainage of the bog in order to provide a favourable hydrological environment for the restoration of raised bogs vegetation.

Hydrogeological modelling is an important tool that greatly facilitates the development of hydrological regime restoration and stabilization projects for degraded high bogs.

Hydrogeological modelling was carried out applying the data provided by hydrogeological model of Latvia LAMO4. Development of the model was supported by the Latvian State Research Program EVIDEnT.

Keywords: hydrogeological model, raised bog, groundwater, water level stabilization, raised bog vegetation, conservation and restoration.