



**Rīgas Tehniskā universitāte
VIDES MODELĒŠANAS
CENTRS**

PĀRSKATS

Pazemes ūdensobjektu kartēšana Gaujas upju baseinu apgabalā

Rīga –oktobris, 2013

Pazemes ūdensobjektu kartēšana Gaujas upju baseinu apgabalā

Pārskats ietver kartēšanas rezultātus, kuri iegūti RTU Vides modelēšanas centrā, izmantojot Latvijas hidroģeoloģisko modeli LAMO, atbilstoši uzņēmuma līguma tehniskajai specifikācijai par Gaujas upju baseinu pazemes ūdensobjektu kartēšanu.

Pārskats ietver: satura rādītāju, 7 lpp teksta, 4 tabulas, 33 attēlus (kartes) un Pielikumu Latvijas upju baseinu apgabalu kartēšanas materiālam (22) lpp.

Zinātniskais vadītājs: Dr.sc.ing. A.Spalviņš

Darba veikšanā piedalījās VMC darbinieki:

J. Šlangens, Dr.sc.ing.,
O. Aleksāns, Dr.geol.,
I. Lāce M.sc.ing.,
K. Krauklis, M.sc.ing.,
V. Škibelis, M.sc. ing.
A. Mačāns, zinātn. asist.,
I. Tabaka, zinātn. asist.

Adrese:

Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs
Meža ielā 1/4, Rīga, LV-1007, Latvija
Tālr.: +371 67089511, +371 67089518; Fax: +371 67089531
E-mail: emc@cs.rtu.lv
URL: <http://www.emc.rtu.lv>

RTU, VMC direktors
_____A.Spalviņš

SATURS

Ievads	2
1. Gaujas upju baseinu apgabala pazemes ūdensobjekti	2
2. Kartēšanas rezultātu apskats	3
3. Pazemes ūdens plūsmu bilances raksturojums	4
4. Secinājumi	9
5. Izmantotā literatūra	10

ATTĒLI

1. att. Gaujas upju baseinu apgabala kopskats
2. att. Digitālais reljefs **relh** [m vjl]
3. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā **Q2** [m vjl]
4. att. Ūdens līmeņu sadalījums pamatiežu horizontos **preQ** [m vjl]
5. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā **D3dg#** [m vjl]
6. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā **D3pl** [m vjl]
7. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā **D3am** [m vjl]
8. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā **D3gj2** [m vjl]
9. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā **D3gj1** [m vjl]
10. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā **D2brt** [m vjl]
11. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā **D2ar** [m vjl]
12. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā **D2prn** [m vjl]
13. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **Q2** [mm/gadā]
14. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums pamatiežu horizontam **preQ** [mm/gadā]
15. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **D3dg#** [mm/gadā]
16. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **D3pl** [mm/gadā]
17. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **D3am** [mm/gadā]
18. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **D3gj2** [mm/gadā]
19. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **D3gj1** [mm/gadā]
20. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **D2brt** [mm/gadā]
21. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **D2ar** [mm/gadā]
22. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **D2prn** [mm/gadā]
23. att. Pazemes ūdens plūsmas horizontā **Q2**
24. att. Pazemes ūdens plūsmas pamatiežu horizontā **preQ**
25. att. Pazemes ūdens plūsmas horizontā **D2ar**
26. att. Ģeoloģiskais griezumš 1W-1E
27. att. Ģeoloģiskais griezumš 2W-2E
28. att. Ģeoloģiskais griezumš 3W-3E
29. att. Ģeoloģiskais griezumš 5S-5N
30. att. Ģeoloģiskais griezumš 6S-6N
31. att. Ģeoloģiskais griezumš pa Gaujas upi
32. att. Pazemes ūdens bilances [tūkst m³/ dienn] shēma Gaujas apgabalā (grafiskais skaidrojums 2. tabulai)
33. att. Pazemes ūdens bilances [tūkst m³/ dienn] shēma Gaujas apgabala ūdensobjektiem (grafiskais skaidrojums 3. tabulai)

Pielikums Latvijas upju baseinu apgabalu kartēšanas materiālam

Ievads

Pazemes ūdensobjektu kartēšana Gaujas upju baseinu apgabalā veikta Rīgas tehniskās universitātes (RTU) Vides modelēšanas centrā (VMC), pamatojoties uz VMC zinātnes budžeta un uzņēmuma līgumu finansējumu kopumu, kuru Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centrs (LVĢMC) ir noslēdzis ar VMC darbiniekiem kā ekspertiem.

Kartēšanai izmantoti dati, kuri iegūti ar Latvijas hidroģeoloģisko modeli (LAMO). LAMO ir izstrādājuši VMC zinātnieki laikā no 2010.g. līdz 2012. gadam, īstenojot ERAF līdzfinansētu projektu "Hidroģeoloģiskā modeļa izveidošana Latvijas pazemes ūdens krājumu apsaimniekošanai un vides atveseļošanai". Kā kartēšanas prototips izmantots pārskats [1] Gaujas/Koivas upju baseinu apgabalā.

Sagatavotās kartes dotas elektroniskajā formā. Karšu papīra kopijas var izdrukāt A4 un A3 formātā.

Kartēšanas materiālus papildina Pielikums, kurā dots pārskats par pazemes ūdens aktīvo zonu visai Latvijas teritorijai, LAMO apraksts un tā modernizācijas nepieciešamības pamatojums. Pielikums kalpo kā atsaucis avots visiem upju baseinu apgabalu kartēšanas pārskatiem. Par to, ka veikta atsaucis uz Pielikuma attēlu, liecina papildinājums „p”, piemēram, 14p. att.

Kartēšanas pārskatā vārdu virknējumu „upju baseinu apgabals” un „pazemes ūdensobjekts” vietā ir izmantoti vārdi „apgabals” un „ūdensobjekts”, ja tādi saīsinājumi nerada pārpratumus.

1. Gaujas upju baseinu apgabala pazemes ūdensobjekti

Gaujas upju baseinu apgabals aizņem 13039km² (20.2% no Latvijas sauszemes teritorijas.) Apgabala kopskats dots 1. att. [2]. Kopskats ir daļa no Ūdensobjektu shēmas Latvijai (5p. att.) Apgabals robežojas ar Igauniju un Daugavas upju baseinu apgabalu. Gaujas apgabala kopskatā iekļauts LAMO hidrogrāfiskais tīkls (49 upes, 8 ezeri, Rīgas jūras līcis) un ģeoloģisko griezumu izvietojums. Šie griezumi ir daļa no reģionālo griezumu sistēmas, kura dota 13p. att. Izveidots arī ģeoloģiskais griezums pa Gaujas upi (15p. att., 31. att.).

1. tabula

Gaujas upju baseinu apgabala pazemes ūdensobjektu raksturojums

Pazemes ūdensobjekti	Ūdens horizontu komplekss	Platība, km ²	LAMO plakņu Nr. skat. 3p. att.
Q_GJ	Gruntsūdens	128	3-4
D4_GJ	D3pl-aml D2-3ar-am	897	13-16 17-25
D5_GJ	D3pl-aml D2-3ar-am	4733	13-16 17-25
D6_GJ	Gruntsūdens Starpmorēnu ūdeņi D3pl-aml D2-3ar-am	7409	3-4 5-6 13-16 17-25
P_GJ	D12	4394	26-27

Apgabalā iekļauti ūdensobjekti D4_GJ, D5_GJ, D6_GJ, Q_GJ, P_GJ, kuru raksturojums apkopots 1. tabulā [2]. Doti to LAMO plakņu numuri (skat. 3p. att. vertikālo shematizāciju), kuras modelē konkrēto ūdensobjektu. Piemēram, ūdensobjektu D6_GJ pārstāv plaknes 3 un 4 (Q2, gQ2z); 5 un 6 (Q1#, gQ1#z); 13,14,15,16 (D3dg#, D3slp#z, D3pl, D3am#z); 17→25 (D3am, D3gj2z, D3gj2, D3gj1z, D3gj1, D2brtz, D2brt, D2arz, D2ar).

Gaujas apgabalā neeksistē ģeoloģiskie slāņi, kuri atbilst LAMO plaknēm 7→12 (D3ktl#, D3ktlz, D3akz, D3krs#, D3el#z). Objektu P_GJ pārstāv plaknes 26 un 27 (D2nr#z, D2prn), kur Narvas reģionālais sprostslānis D2nr#z droši aizsargā no piesārņošanas to Pērnavas horizonta daļu, kurā ūdens ir derīgs dzeršanai.

Ūdensobjekti D4_DG un Q_DG eksistē Daugavas upju baseinu apgabalā, bet D4_LP un D4_VN arī Lielupes un Ventas apgabalos (6p. att.)

2. Kartēšanas rezultātu apskats

Izmantojot LAMO datus, Gaujas upju baseinu apgabalā ir sagatavotas 30 kartes, kuras nosacīti veido četras grupas:

- digitālais reljefs un pjezometrisko līmeņu [m vjl] sadalījums ūdens horizontos – 11 kartes (2. att.-12. att.);
- filtrācijas plūsmu [mm/gadā] sadalījums ūdens horizontiem – 10 kartes (13. att. – 22. att.);
- pazemes ūdens plūsmas ar iezīmētiem barošanas, atslodzes un tranzīta apgabaliem – 3 kartes (23. att., 24. att., 25. att.);
- ģeoloģiskie griezumumi – 6 kartes (26. att.-31. att.).

Gaujas apgabala kartes ir fragmenti no kartēm visai Latvijas teritorijai. Kā piemēri, dažas no tām ir dotas Pielikumā.

Digitālā reljefa karte 2. att. ir apzināti veidota ar lielu izolīniju soli (50 metri). Tad var konstatēt, ka Gaujas apgabalā upes veido dziļus iegrauzumus un var novērtēt vispārīgo reljefa raksturu.

Ūdens līmeņu sadalījuma kartēs parādās, kuri upju posmi ir saistīti ar ūdens horizontiem. Šī saite var būt sarežģīta. Piemēram, Gaujas upe ir kontaktā ar Q2, D3dg#, D3pl, D3am, D2brt, D3gj1, D3gj2 un Q2 horizontiem (31. att.). Informācija par upju saitēm ar horizontiem tiek izmantota, lai pieslēgtu upes modelim.

Kartēs parādīti pazemes ūdens plūsmu virzieni. Netiek rādītas ūdens līmeņu izolīnijas neeksistējošai ūdens horizonta daļai (5.att.-9.att.). Izņēmums ir karte (4. att.) pamatiežu horizontiem preQ. Šis sadalījums ir atsevišķu pamatiežu horizontu ūdens līmeņu „redzamo daļu” superpozīcija, kura novērota „no putna lidojuma, ja nav kvartāra slāņa”. Par to, kuras daļas pamatiežu slāņiem ir „redzamas” var spriest no 5p. att. Arī 4. att. var redzēt D3dg#, D3gj1 un D2brt laukumus, kuriem ūdens līmeņu sadalījumu nemaskē citi ģeoloģiskie slāņi. Joslā starp slāņu robežām horizontiem D3gj2 un D3dg# izvietojas horizontu redzamie D3gj2, D3am, D3pl līmeņu sadalījumi.

Ūdens līmeņu sadalījums horizontam D2prn (12. att.) tiek izmantots kā robežnoteikums LAMO 27. plaknē. Ūdens līmeņu karte šim LAMO horizontam iegūta, izmantojot I. Dzilas grāmatas [3] atziņas.

Izmantojot LAMO aprēķinātās pazemes ūdens līmeņu sadalījuma, ģeoloģisko slāņu filtrācijas koeficientu un biezumu kartes ir sagatavoti ūdens horizontu infiltrācijas sadalījumi. Izšķiroša loma ir

horizonta Q2 infiltrācijas sadalījumam, kurš pilnībā nosaka ar LAMO iegūtos ūdens līmeņus. Faktiski tiek aprēķināta pazemes un virszemes ūdeņu sasaiste caur aerācijas zonu. Šo uzdevumu LAMO risina izmantojot digitālo reljefu relh (kā robežnoteikumu) un fiktīvu sprostslāni (aer) ar regulējamu caurlaidību. (skat. 3p. att. shematizācija). Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam Q2 ir komplicēts (13. att.). Plūsmas maksimumi atbilst augstienēm, bet pazemes ūdeņu atslodze notiek zemienēs, ezeros un upju tuvumā.

Infiltrācijas sadalījums pamatiežu horizontam preQ (14. att.) raksturo to barošanu un atslodzi. Šis sadalījums parāda, ka infiltrācijas intensitāte horizontam preQ ir mazāka nekā horizontam Q2. Šo izmaiņu izsauc galvenokārt sprostslāņu gQ2z, gQ1#z ietekme. Arī horizonta preQ infiltrācijas karte ir superpozīcija no atsevišķu horizontu „redzamo daļu” infiltrācijas plūsmām (kā ūdens līmeņiem 4. att.). Infiltrācijas sadalījumi netiek rādīti Gaujas apgabalā neeksistējošam horizontu daļām (D3dg#, D3pl, D3am, D3gj2, D3gj1). Palielinoties ūdens horizontu ieguluma dziļumam, infiltrācijas plūsmu intensitāte būtiski samazinās, taču to sadalījuma maksimumi atbilst augstienēm reljefā (15. att. – 22. att.).

Horizontiem Q2, preQ un D2ar sagatavotas kartes (23. att., 24. att., 25. att.) ar ūdens līmeņu izolīnijām un iezīmētiem barošanas, atslodzes un tranzīta apgabaliem. Šīs kartes ir iegūtas apvienojot informāciju par ūdens līmeņu un infiltrācijas plūsmu sadalījumiem, kuri raksturo horizontālās plūsmas horizontos un vertikālās plūsmas sprostslāņos.. Infiltrācijas kartēm ir lietota vienkāršota krāsu skala, kurā var mainīt mērogošanas diapazonu. Piemēram Q2 un preQ kartēm, tranzīta apgabaliem atbilst diapazons (0–60)mm/gadā, bet D2ar kartē izmantots diapazons (0-10)mm/gadā. Nepieciešamību mainīt diapazonu izsauc mazā infiltrācijas intensitāte horizontā D2ar. Šeit krāsu skala (0-60)mm/gadā neļauj iezīmēt barošanās apgabalus, kuri eksistē arī zemās infiltrācijas intensitātes gadījumā.

Ģeoloģiskie griezumi (26. att. – 31. att.) dod uzskatāmu informāciju par hidroģeoloģisko procesu raksturu komplicētas ģeoloģiskās stratigrāfijas gadījumā. Griezumos parādīts ūdens līmeņu izolīniju sadalījums, ja tiek ievērots ūdens plūsmu būtiski atšķirīgais kustības raksturs sprostslāņos un ūdens horizontos. Ūdens horizontos izolīnijas ieņem praktiski vertikālu orientāciju (necīgs vertikālais hidrauliskais gradients). Parādīti arī pazemes ūdens plūsmu virzieni.

3. Pazemes ūdens plūsmu bilances raksturojums

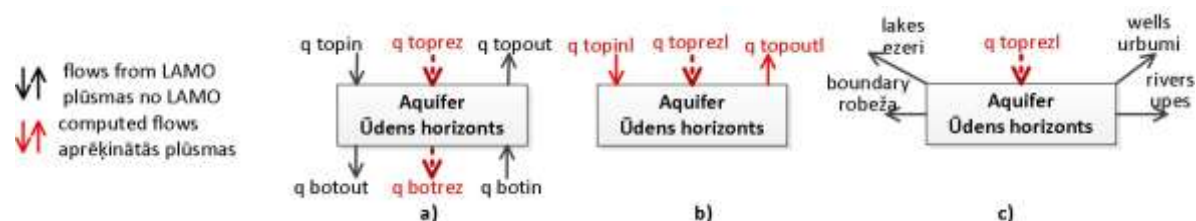
Izmantojot LAMO datus, ir iegūts provizorisks pārskats par aktīvās pazemes ūdens zonas bilanci visai Latvijas teritorijai (16p. att., 1p. tabula). Pazemes ūdens plūsmu balance Gaujas upju baseinu apgabalam atspoguļota 2. tabulā, kuras saturu grafiski ilustrē 32. att. shēma. Bilances analīze veikta visiem Gaujas apgabalā eksistējošiem ūdens horizontiem. Aprēķinātas katra horizonta barošanas plūsma un tās notece upēs, ezeros, caur robežu un ūdens ņemšanas urbemos. Iegūta kopējā Gaujas apgabala balance un kvartāra Q sistēmas un pamatiežu bilances.

Informācija 2. tabulas aizpildīšanai iegūta trīs secīgos etapos: a), b) c). No LAMO tiek saņemti dati tabulas kolonām Nr. 2, 3, 5, 6, 11, 12, 13, 14. Etapā a) tiek aprēķinātas rezultējošās plūsmas $q_{\text{toprez}} = q_{\text{topin}} + q_{\text{topout}}$, $q_{\text{botrez}} = q_{\text{botpin}} + q_{\text{botout}}$, kuras veido kolonas Nr. 4 un 7. Šīs plūsmas atbilst katra horizonta augšai un apakšai. Etapa grafisko skaidrojumu veic 32. a) att., kurš parāda vertikālo pazemes ūdens plūsmu kustību caur visiem horizontiem. Šo plūsmu pirmavots ir atmosfēras nokrišņi horizontā Q2. Vienlaicīgi eksistē divas plūsmas (lejupejošā un augšupejošā). Etapā a) iegūta viena lejupejošā plūsma, kura raksturo rezultējošo vertikālo pazemes ūdens pārnesi (tranzītu).

2. tabula
Table 2

LAZO pazemes ūdens plūsmu [tūkst m³/dienn] balance Gaujas apgabalam (provizoriskie dati)
Groundwater flow balance of LAZO [thous m³/day] for Gauja river district (preliminarily data)

Name of aquifer	q _{topin}	q _{topout}	q _{toprez} (2+3)	q _{botout}	q _{botin}	q _{botrez} (5+6)	q _{topinl} (2+5)	q _{topoutl} (3+6)	q _{toprezl} (4+7) (8+9)	upes rivers	ezeri lakes	robeža boundary	urbumi wells
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Q2	2699	-672	2027	-1926	685	-1241	773	13	786	-675	-76	-27	-8
Q1#	1926	-685	1241	-1915	678	-1237	11	7	4	0	0	-4	0
D3dg#	1915	-678	1237	-1725	609	-1116	190	-69	121	-97	0	-24	0
D3pl	1725	-609	1116	-1597	536	-1061	128	-73	55	-31	0	-24	0
D3am	1597	-536	1061	-1517	510	-1007	80	-26	54	-51	0	-3	0
D3gj2	1517	-510	1007	-1342	514	-828	175	4	179	-190	0	11	0
D3gj1	1342	-514	828	-1069	518	-551	273	4	277	-279	0	3	-1
D2brt	1069	-518	551	-322	215	-107	747	-303	444	-378	0	-61	-5
D2ar	322	-215	107	-45	6	-39	277	-209	68	0	0	-64	-4
Model	2699	-672	2027	-45	6	-39	2654	-666	1988	-1701	-76	-193	-18
Q1+Q2	2699	-672	2027	-1915	678	-1237	784	6	790	-675	-76	-31	-8
Primary	1915	-678	1237	-45	6	-39	1870	-672	1198	-1026	0	-162	-10



Legend of stages a), b), c) for obtaining flows of Table 2:

- a) computing of resulting flows: q_{toprez}, q_{botrez};
- b) computing of local flows q_{topinl}, q_{topoutl}, q_{toprezl};
- c) local balance of aquifer

Leģenda etapiem a), b), c) plūsmu iegūšanai 2. tabulai:

- a) rezultējošo plūsmu aprēķins: q_{toprez}, q_{botrez};
- b) lokālo plūsmu aprēķins: q_{topinl}, q_{topoutl}, q_{toprezl};
- c) lokālā horizonta balance

Taču arī rezultējošā plūsma nedod informāciju katra horizonta bilances novērtēšanai, jo plūsma ietver vertikālā pazemes ūdens tranzīta komponentes. Tās tiek izslēgtas b) etapā (32. b) att.), kurā notiek vertikālo plūsmu summēšana katram horizontam. Galvenais rezultāts ir plūsma (10. kolona) $q_{\text{toprezl}} = q_{\text{toprez}} + q_{\text{botrez}}$, kura raksturo horizonta barošanās intensitāti. Plūsmas q_{topinl} , q_{topoutl} (8. un 9. kolonas) dod iespēju noskaidrot, kā veidojas $q_{\text{toprezl}} = q_{\text{topinl}} + q_{\text{topoutl}}$ (kāda zīme ir plūsmai q_{topoutl}). Parasti q_{topoutl} ir negatīva, taču dažos gadījumos zīme var būt pozitīva un tad notiek horizonta ūdens resursu papildināšana ar augšupejošo plūsmu (32. b) att. horizonti Q2, D3gj2, D3gj1).

Trešajā etapā c) iegūst lokālo bilanci katram ūdens horizontam (32. c) att.). Iespējama vienkāršota pieeja, kad lokālo barojošo plūsmu q_{toprezl} aprēķina kā horizonta bilances komponenti, summējot kolonu 11, 12, 13, 14 saturu un piešķirot rezultātam "+" zīmi. Taču tad zūd iespēja novērtēt vertikālā tranzīta plūsmu lomu apgabala kopīgās bilances veidošanā.

Lokālās bilances ļauj novērtēt atsevišķu ūdens horizontu lomu. Gaujas apgabalā visaugstākās lokālās barojošās plūsmas (786; 277; 444) [tūkst. m³/dienn] ir horizontiem Q2, D3gj1, D2brt. Horizontos D3dg#, D3gj2 barošanās intensitāte ir mazāka: (121; 179) [tūkst. m³/dienn]. Barojošo plūsmu intensitāti horizontos galvenokārt nosaka to saite ar upēm, kā galvenajiem pazemes ūdens noteces elementiem. Papildus ūdens pieteci horizontos Q2, D3gj2, D3gj1 varētu izsaukt to saite ar upēm.

Pārskatā par Gaujas/Koivas upju baseinu apgabalu [1] ir dota informācija par modelētām ūdensšķirtņu novietojuma izmaiņām dažādos horizontos. Tās bija nozīmīgas horizontiem D3dg# un D3pl. Par to, ka robeža starp Gaujas un Daugavas apgabaliem nav horizonta D3dg# īstā ūdensšķirtne liecina fakts, ka tā bilancē plūsma pāri robežai nav nulle (2. tabula, 32. att.) No ūdens līmeņu sadalījumiem šim horizontam (5. att.) var secināt, ka pazemes ūdens plūst ārā no Gaujas apgabala pāri „teorētiskajai” ūdensšķirtnei. Tas apstiprina minējumus par pazemes ūdensšķirtņu novietojuma izmaiņu esamību. Šo parādību varēs sekmīgi pētīt pēc LAMO modernizācijas īstenošanas 2014. gadā.

Lai varētu ar plūsmu bilanču palīdzību pārbaudīt lokālo ūdensšķirtņu atbilstību to „teorētiskajam” novietojumam, būtu jāaprēķina plūsma caur ūdensšķirtnēm to brīvi izvēlētos posmos. Šobrīd tiek aprēķināta kopīgā plūsma caur ūdensobjekta perimetru. Tikai ļoti retos gadījumos (D3dg#) u.c.) šāds aprēķins dod informāciju par ūdensšķirtnes novietojuma maiņu dziļākos pamatiežu horizontos.

Iegūtas plūsmu bilances ūdensobjektiem D4_GJ, D5_GJ, D6_GJ, Q_GJ. Nav rēķināta bilance ūdensobjektam P_GJ, jo tā parametri modelī ir ļoti aptuveni. Šis objekts ir daļa no robežnoteikuma LAMO 27. plaknei. Rezultāti par ūdensobjektu bilancēm apkopoti 3. tabulā, kuru grafiski skaidro 33. att. shēma.

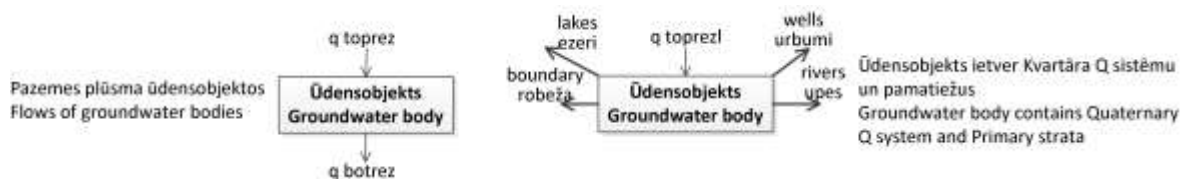
Aprēķināta katra ūdensobjekta kopīgā bilance, tā bilances kvartāra Q sistēmai un pamatiežiem. Ja 3. tabulā veic šo ūdensobjektu bilanču summēšanu, tad iegūtais rezultāts (kopsavilkums 3. tabulā) sakrīt ar 2. tabulas pārskatu par kopīgo bilanci Gaujas apgabalā un bilancēm Q sistēmai un pamatiežiem.

Bilances shēmā (33. att.) ir parādītas četru ūdensobjektu kopīgās bilances 33 a) att.; bilances Q sistēmai un pamatiežiem 33. b) att.; lokālās bilances 33. c) att. Vertikālā tranzīta plūsma 33. b) att. saista Q sistēmu ar pamatiežiem kā arī pazemes plūsmu atslodzes hidrogrāfiskajā tīklā, urbumos un caur ūdensobjektu robežu.

LA MO pazemes ūdensobjektu plūsmu bilance [tūkst. m³/dienn] Gaujas upju baseinu apgabala ūdensobjektiem (provizoriskie dati)

Groundwater flow balance of LA MO [thous m³/day] for groundwater bodies of Gauja river district (preliminarily data)

Ūdensobjekta nosaukums	Balances bloki	Ūdens plūsmas sadalījums [tūkst. m ³ /dienn]						
		Q _{toprez}	Q _{botrez}	(3+4) Q _{toprezl}	upes rivers	ezeri lakes	robežas boundary	urbumi wells
1	2	3	4	5	6	7	8	9
D4-GJ	Objekts	148	2	150	-210	-11	72	-1
	Q sistēma	148	-107	41	-20	-11	-10	0
	Pamatieži	107	2	109	-130	0	82	-1
D5-GJ	Objekts	517	-9	508	-338	-64	-105	-1
	Q sistēma	517	-244	273	-214	-64	5	0
	Pamatieži	244	-9	235	-124	0	-110	-1
D6-GJ	Objekts	1332	-33	1299	-1121	-1	-169	-8
	Q sistēma	1332	-897	435	-409	-1	-25	0
	Pamatieži	901	-33	864	-712	0	-144	-8
Q-GJ	Objekts	30	1	31	-32	0	9	-8
	Q sistēma	30	11	41	-32	0	-1	-8
	Pamatieži	-11	1	-10	0	0	10	0
Kopsavilkums Gaujas apgabalam	Objekts	2027	-39	1988	-1701	-76	-193	-18
	Q sistēma	2027	-1237	790	-675	-76	-31	-8
	Pamatieži	1237	-39	1198	-1026	0	-162	-10



Salīdzināsim pazemes ūdens plūsmu bilances Gaujas apgabala ūdensobjektiem (3. tabula). Salīdzināšanai izmantosim šādus kritērijus:

- vidējā infiltrācija ūdensobjektiem q_{invid} [mm/gadā];
- atslodze upēs no infiltrētā ūdens daudzuma q_{upesrel} [%];
- lokālo rezultējošo plūsmu attiecība B Gaujas apgabala ūdensobjektos [%].

Vidējo infiltrācijas plūsmu q_{invid} [mm/gadā] aprēķina pēc formulas:

$$q_{\text{invid}} = 0.365 q / L,$$

kur q ir rezultējošā tranzīta plūsma [tūkst. m^3 /dienn] q_{toprez} 3. tabulā; L –ūdensobjekta laukums [tūkst. km^2].

Atslodzes upēs q_{upesrel} [%] dod formula

$$q_{\text{upesrel}} = -100 q_{\text{upes}} / q_{\text{toprezl}},$$

kur q_{upes} un q_{toprezl} ir plūsmas [tūkst. m^3 /dienn] lokālajā ūdensobjekta bilancē.

Parametru B dod formula:

$$B = 100 q_{\text{toprezl}} / q_{\text{toprezLA}},$$

kur plūsmas q_{toprezl} un q_{toprezLA} ņemtas no ūdensobjektu horizontu lokālajām bilancēm 3. tabulā; q_{toprezLA} – kopīgā apgabala lokālā pietece.

Novirzi N no parametra B vidējās vērtības aprēķina kā attiecību:

$$N = B/n ; \quad n = 100 L_O/L_A,$$

kur skaitlis n atbilst ūdensobjekta L_O un upes apgabala L_A laukumu attiecībai [%].

Gaujas apgabala un ūdensobjektu bilanču salīdzinājuma kritēriju vērtības apkopotas 4. tabulā.

4. tabula

Pazemes ūdens plūsmu bilances salīdzinājums Gaujas apgabala ūdensobjektiem

Objekts	Infiltrācija [mm/gadā]	Atslodze upēs [%]	B [%]	N [reizes]
D4_GJ	63	140	7.5	1.09
D5_GJ	40	66	26.0	0.72
D6_GJ	66	86	65.0	1.14
Q_GJ	11	103	1.5	1.5
Apgabals	57	85	100	1.0

No 4. tabulas datiem var spriest par katra ūdensobjekta lomu Gaujas apgabala pazemes plūsmu bilancē. Tabulas pēdējā rinda raksturo apgabala kritēriju (infiltrācija, atslodze upēs) vērtības. Apgabalam $B=100\%$, $N=1.0$ (reizes).

Parametrs B rāda, kāda daļa no upes apgabala pazemes ūdens resursiem atrodas ūdensobjekta teritorijā. Kritērijs N ņem vērā, kādu daļu no apgabala laukuma aizņem ūdensobjekts, t.i., N raksturo pazemes plūsmu aktivitāti, salīdzinot ar $N=1.0$.

Ūdensobjektiem D4_GJ, Q_GJ atslodze upēs pārsniedz 100%, t.i., tos barojošā pietece ir mazāka par noteci upēs. No 3. tabulas var secināt, ka šiem ūdensobjektiem ir pozitīva robežu plūsma. Vislabākā aktivitāte $N=1.5$ ir ūdensobjektam Q_GJ.

Īpatnējas ir pazemes ūdens plūsmas mazajos objektos D4_GJ un Q_GJ. Objektā D4_GJ pamatiežiem caur robežu ir relatīvi liela pietece (82 tūkst. m^3 /dienn), kuru te var izsaukt Gaujas upes piesaiste horizontiem D3g2, D3g1. Q sistēmā ezeru plūsmu 11 tūkst. m^3 /dienn, izsauc tikai Dūņezers. Būtu jākorrigē šī ezera piesaiste Q sistēmai, jo tā atslodzes plūsma ir pārāk liela.. Ūdensobjektā Q-GJ salīdzinoši lielo pieteci (11 tūkst. m^3 /dienn) caur Q sistēmas pamatni var skaidrot ar urbumu plūsmas (8 tūkst. m^3 /dienn) ietekmi.

Kritēriju kopa, kura izmantota ūdensobjektu salīdzināšanai, var tikt lietota Gaujas apgabala un Latvijas pazemes ūdens plūsmu bilanci salīdzināšanai. Tad ūdens objekta un upes apgabala parametru vietā jāizmanto upes apgabala (2. tabula) un Latvijas (1p. tabula) parametri.

Gaujas apgabala un Latvijas bilanci salīdzinājuma kritēriju vērtības apkopotas 5. tabulā.

5. tabula

Plūsmu bilances salīdzinājums Gaujas apgabalā un Latvijai

Objekts	Infiltrācija [mm/gadā]		Atslodze upēs [%]		B [%]	N [reizes]
	Gaujas apgabalā	Latvijā	Gaujas apgabalā	Latvijā	Gaujas apgabalā	Gaujas apgabalā
Kopā	57	42	85	79	27	1.3
Q2+Q1	57	42	85	84	22	1.1
Pamatieži	35	20	86	72	36	1.8
D2brt	15	6	85	67	64	3.2

No 5. tabulas datiem var secināt, ka Gaujas apgabalā pazemes ūdens papildināšana notiek intensīvāk nekā Latvijā kopumā ($57 > 42$); pamatiežu ūdens krājums arī tiek papildināts labāk ($35 > 20$). Gaujas apgabalā ir ievērojami lielāka infiltrācija D2brt horizontam ($15 > 6$). Šo atšķirību izsauc D2brt horizonta tuvums zemes virskārtai Gaujas apgabalā. Gaujas apgabalā upēs aizplūst nedaudz vairāk pazemes ūdens nekā vidēji Latvijā ($85 > 79$). Īpaši intensīva ir upju atslodze D2brt horizontā ($85 > 67$).

Par Gaujas apgabala pazemes ūdens plūsmu ievērojamo aktivitāti liecina arī parametri B un N. Parametrs N ņem vērā, ka Gaujas apgabals aizņem 20.2% no Latvijas teritorijas, t.i., N raksturo novirzi no vidējā vērtējuma. Gaujas apgabalā kopumā pazemes plūsmu procesi ir $N = 1.3$ reizes aktīvāki, bet D2brt horizontam $N = 3.2$. Gaujas apgabalā atrodas $B = 64\%$ no visiem Latvijas D2brt horizonta resursiem.

Dati par pazemes ūdens plūsmu bilanci var stipri izmainīties, ja nākotnē tiks precizēta saite starp virszemes (upes, ezeri) un pazemes ūdensobjektiem. Tas varētu ietekmēt bilanci Gaujas apgabalā, kurā upju atslodze pamatiežos ir īpaši intensīva.

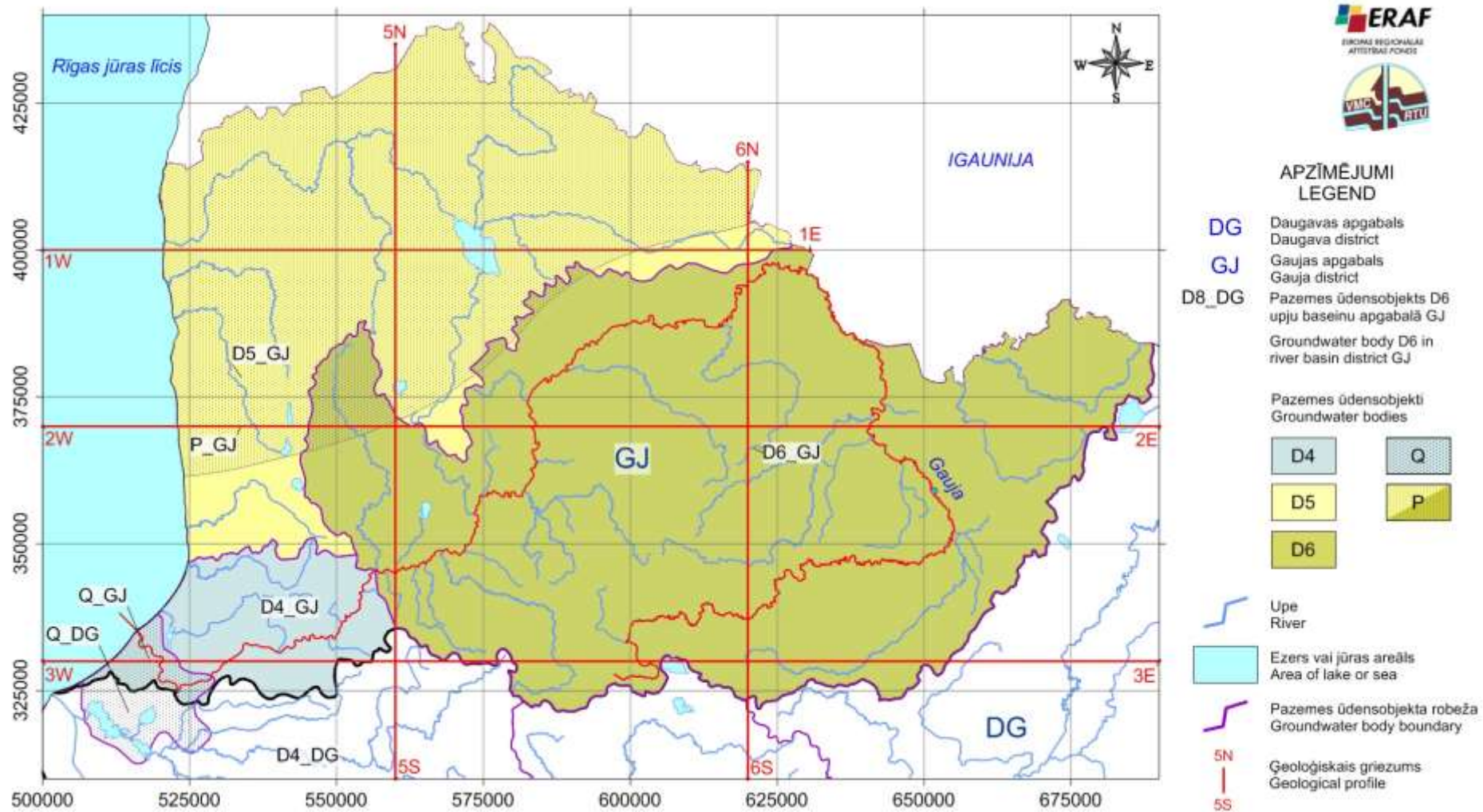
4. Secinājumi

Kartēšanas materiāli Gaujas upju baseinu apgabalā būtiski papildina apgabala apsaimniekošanas plānu tā iedaļā par pazemes ūdens resursiem. Izmantojot Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO datus, ir izveidotas ūdens horizontu ūdens līmeņu un infiltrācijas kartes, iegūti ģeoloģisko griezumumu attēli, kuros redzama ģeoloģiskā stratigrāfija, pazemes ūdens līmeņu izolīnijas un plūsmu virzieni. Apvienojot informāciju par ūdens līmeņiem un infiltrāciju, ir izveidotas kartes, kurās ir iezīmētas pazemes ūdens barošanās, tranzīta un atslodzes zonas.

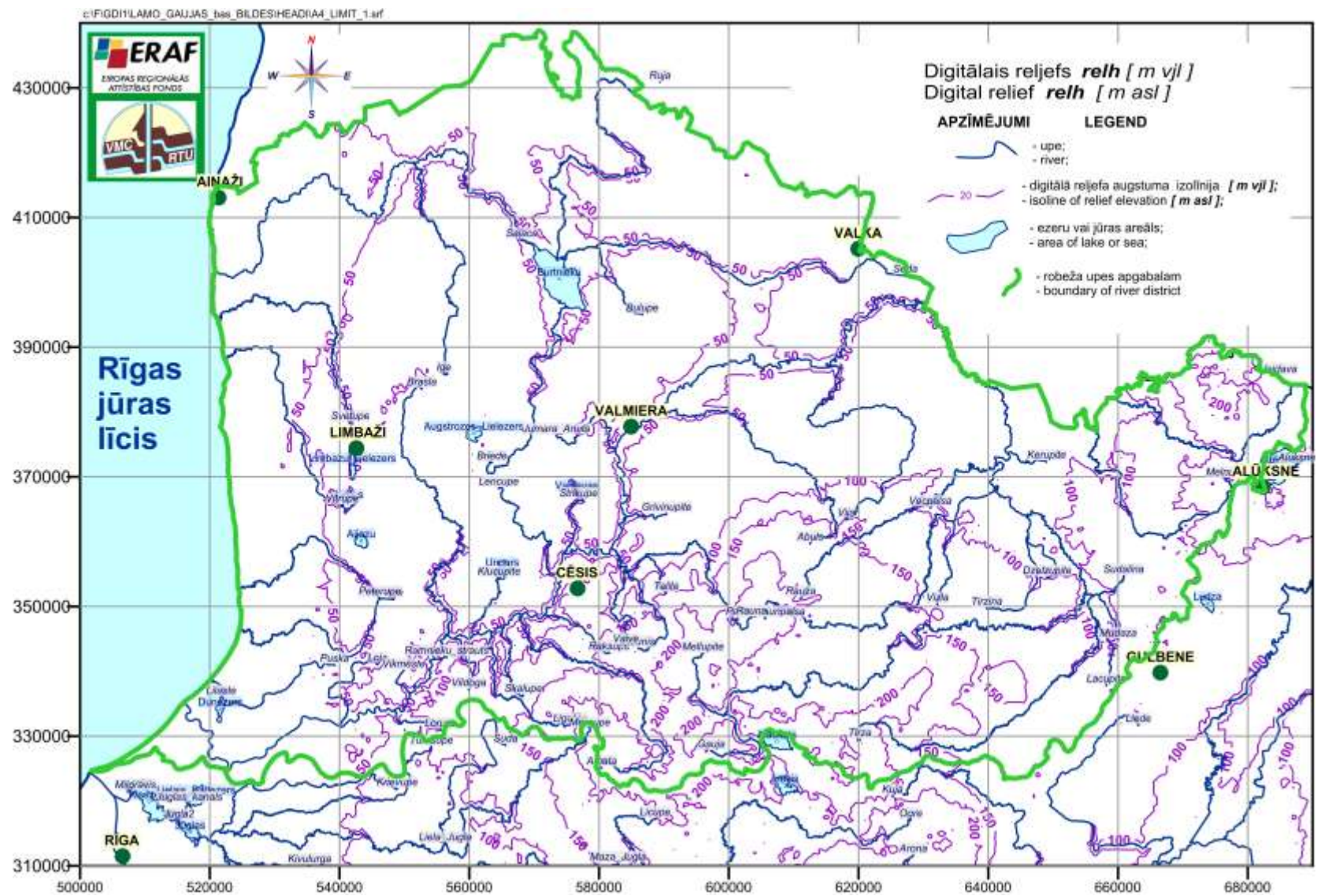
Iegūtas pazemes ūdens plūsmu bilances Latvijai, Gaujas upju baseinu apgabalā un tā ūdensobjektiem. Šo datu analīze dod jaunas zināšanas par pazemes un virszemes ūdensobjektu mijiedarbību.

5. Izmantotā literatūra

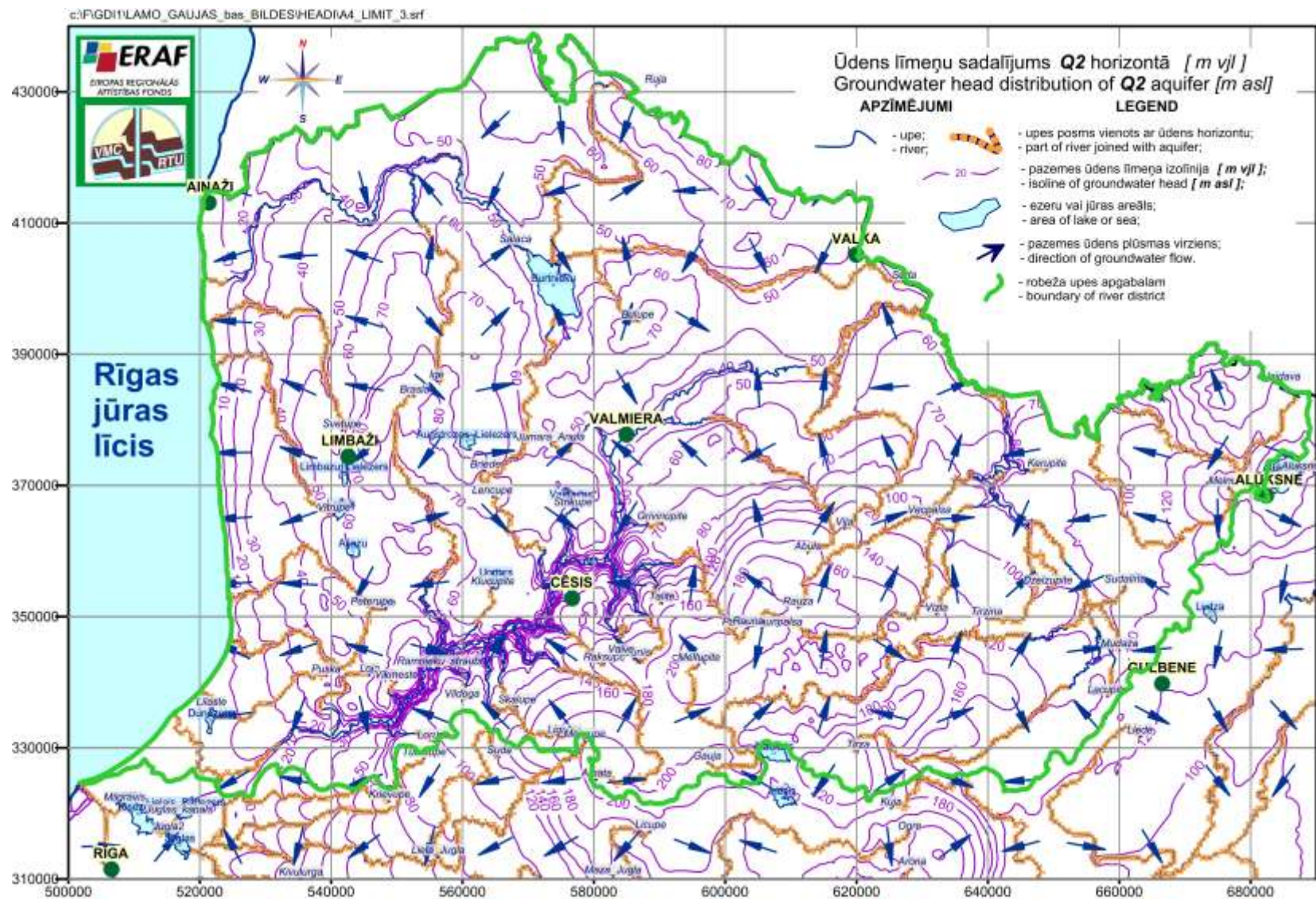
1. Pazemes ūdensobjektu kartēšana Gaujas/Koivas upju baseinu apgabalā. Pārskats iepirkuma līgumam Nr.62 starp Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministriju un Rīgas Tehnisko universitāti, Rīga, Janvāris, 2013, 19 lpp., 25 kartes
2. LVĢMC, 2009. Gaujas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāns 2010.- 2015. gadam. Rīga: Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs.
3. И. Дзилна, 1970. Ресурсы, состав и динамика подземных вод средней Прибалтики, изд. Зинатне, Рига, стр. 179



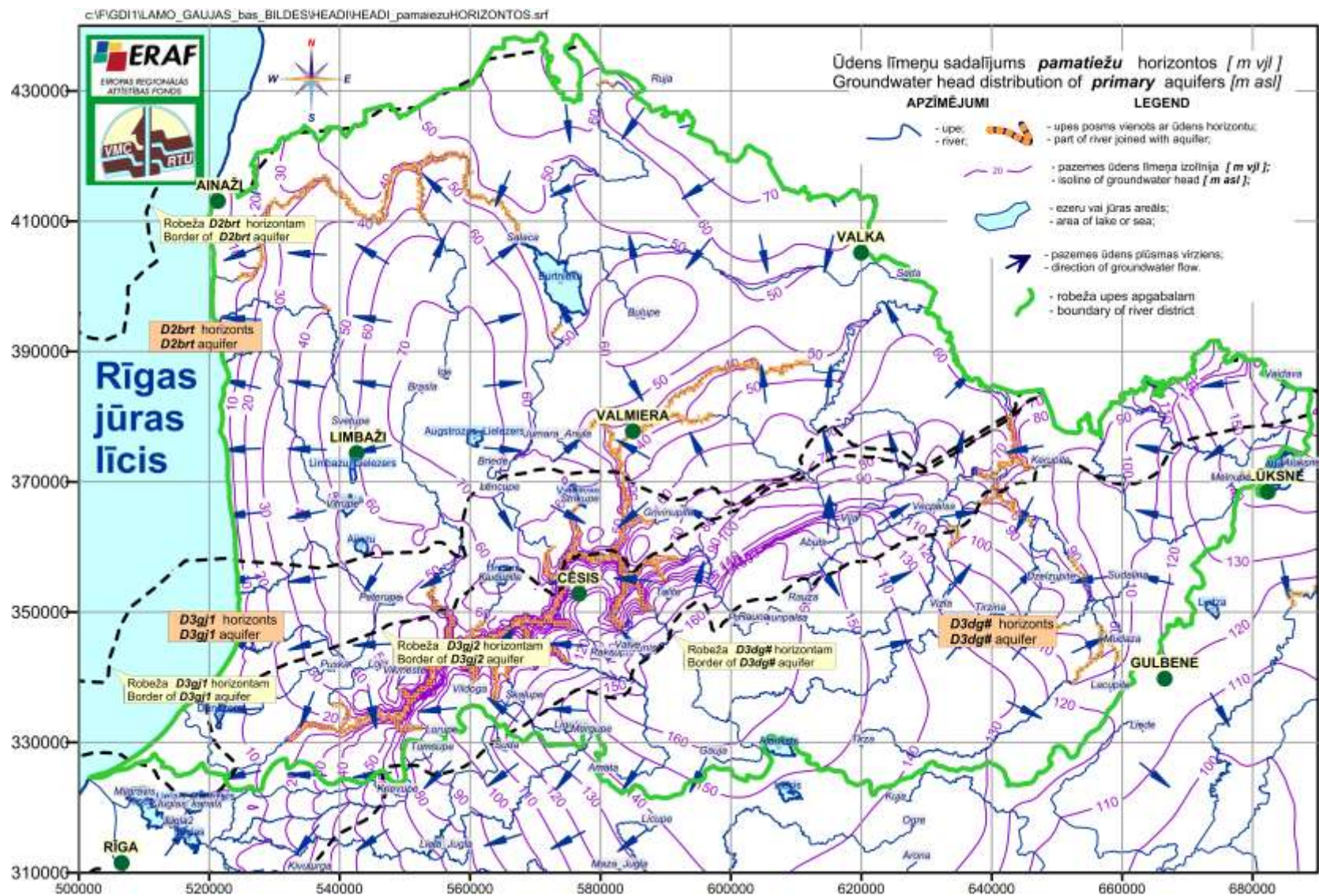
1. att. Gaujas upju baseinu apgabala kopskats



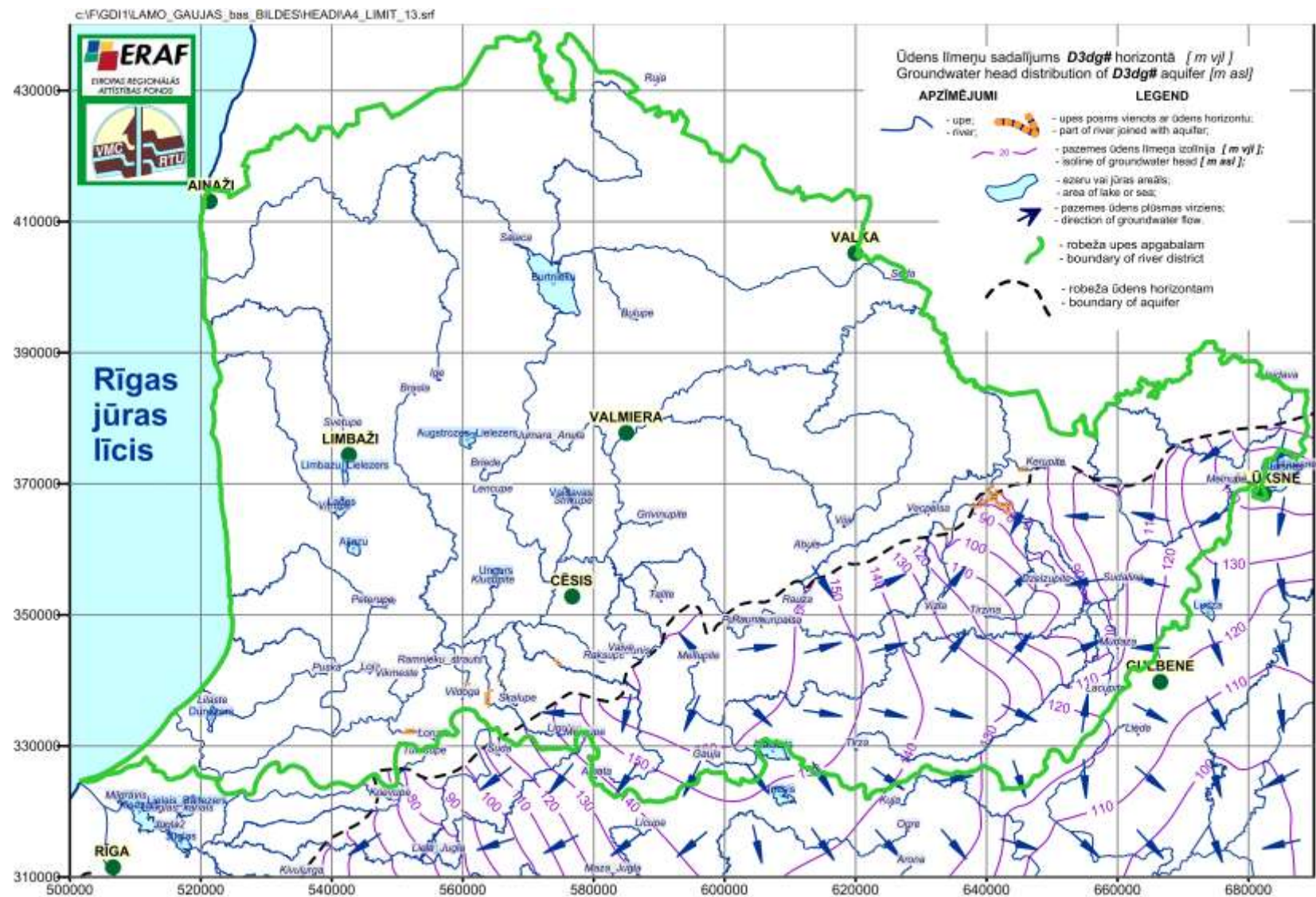
2. att. Digitālais reljefs *relh* [m vjl]



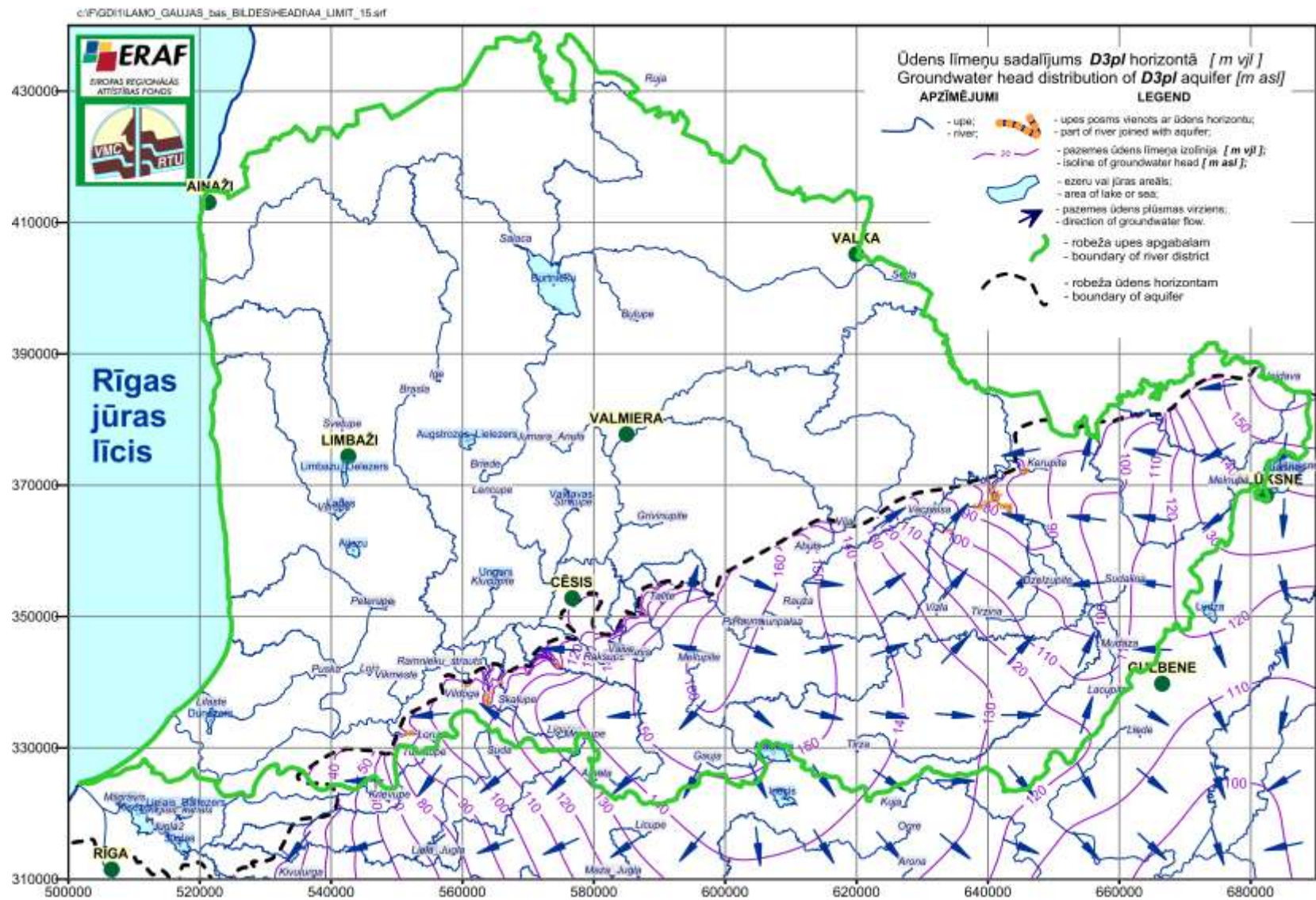
3. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā Q2 [m vjl]



4. att. Ūdens līmeņu sadalījums pamatiežu horizontos **preQ** [m vjl]

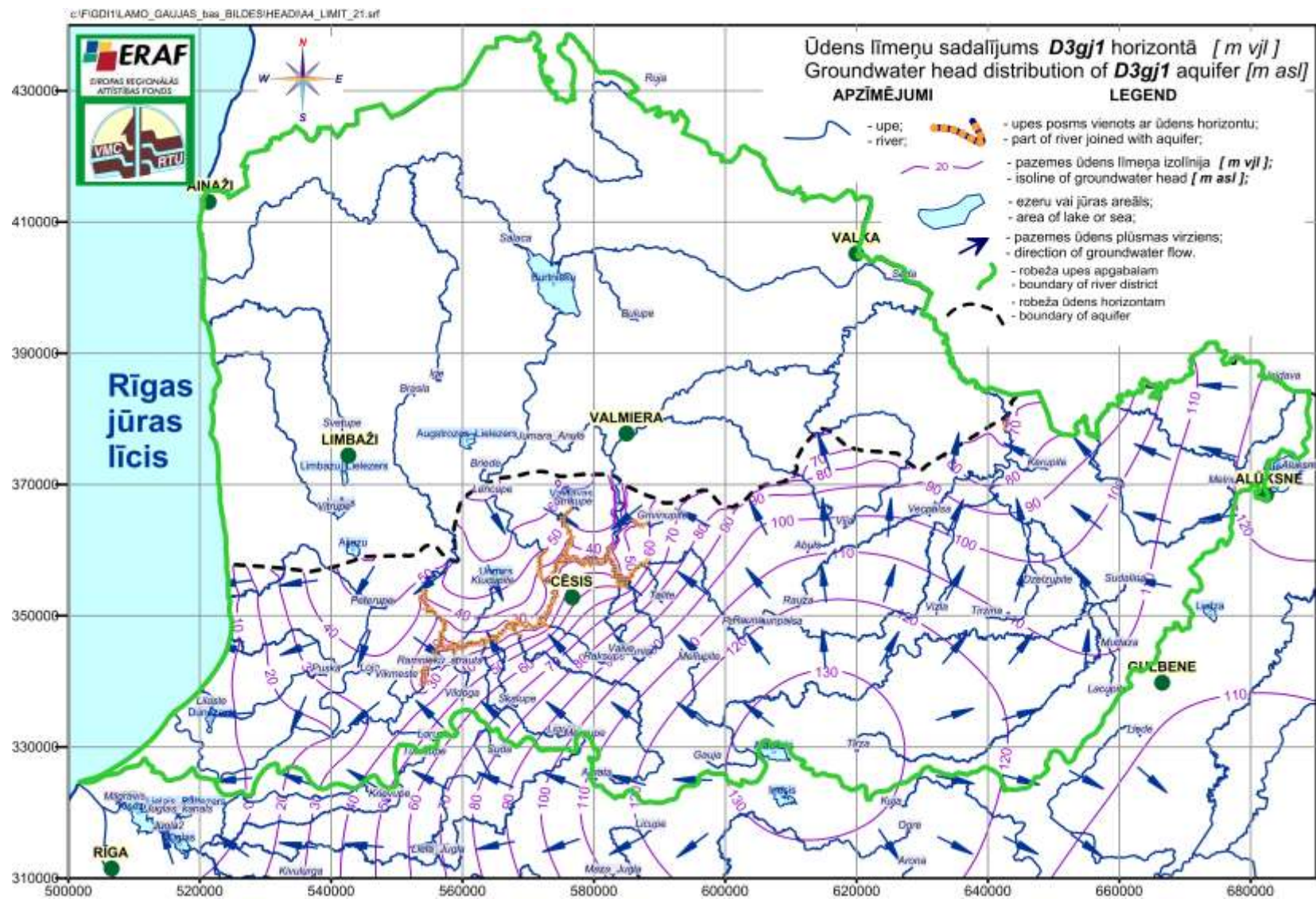


5. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā D3dg# [m vjl]

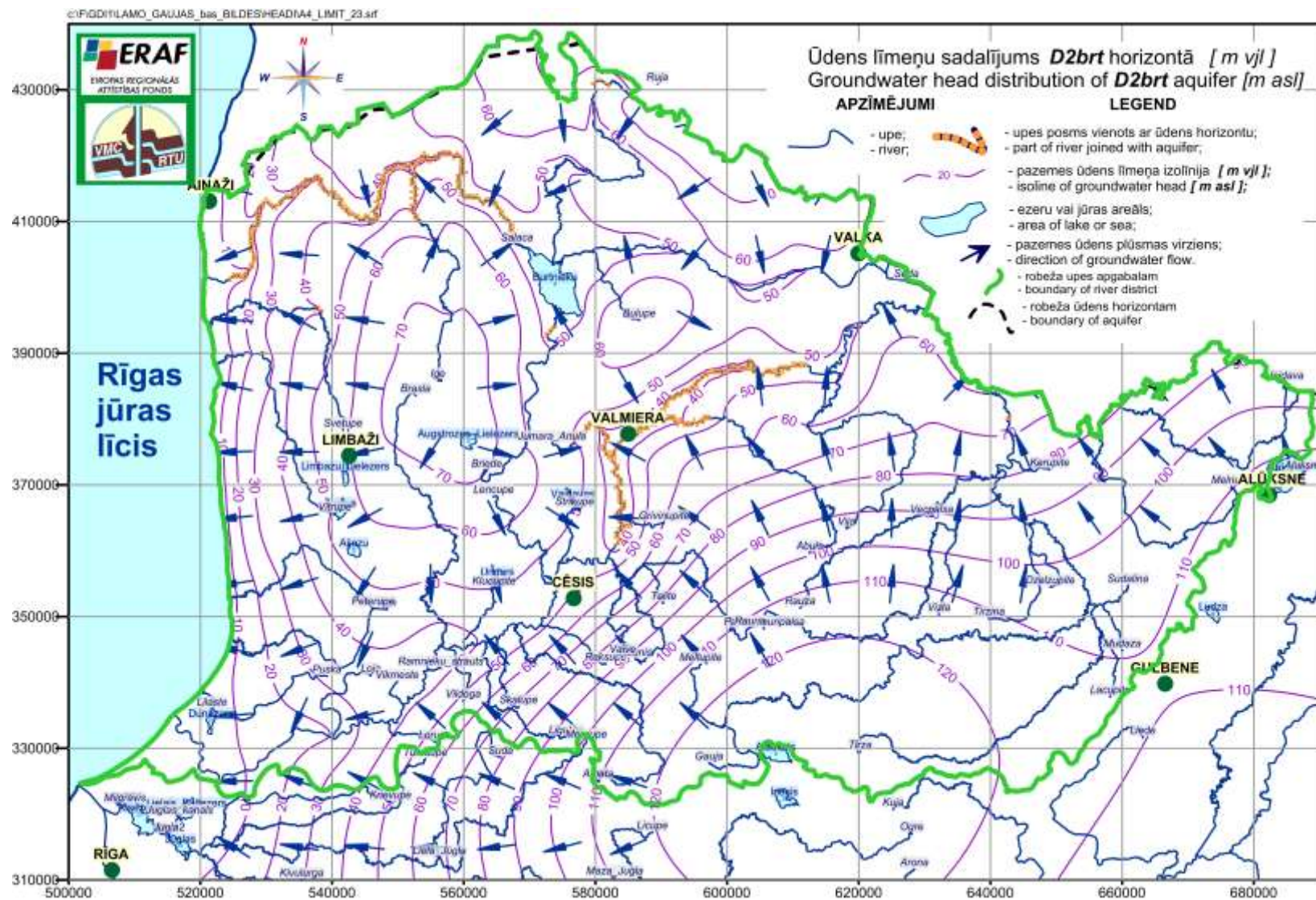


6. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā D3pl [m vjl]

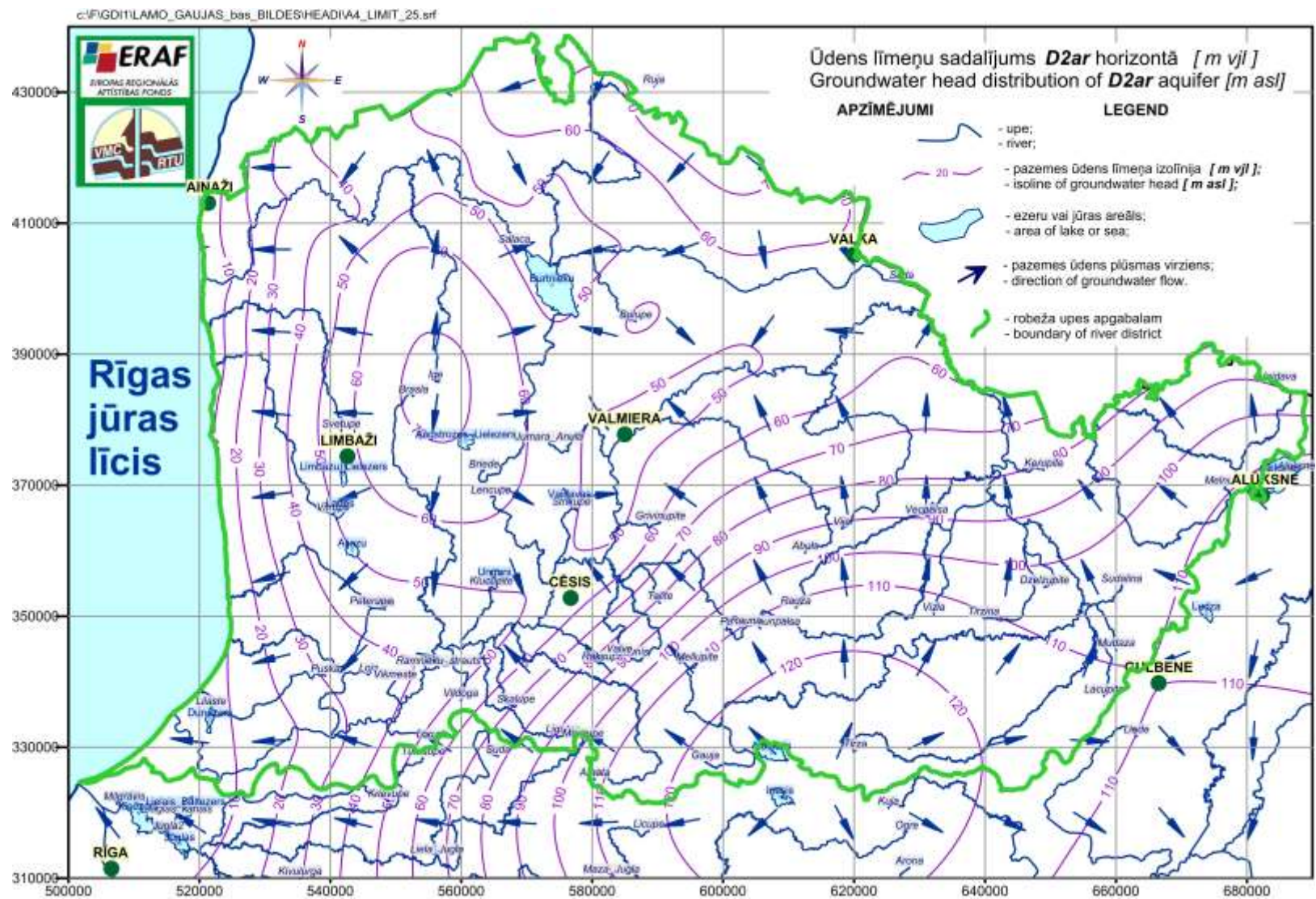
7. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā **D3am** [m vjl]



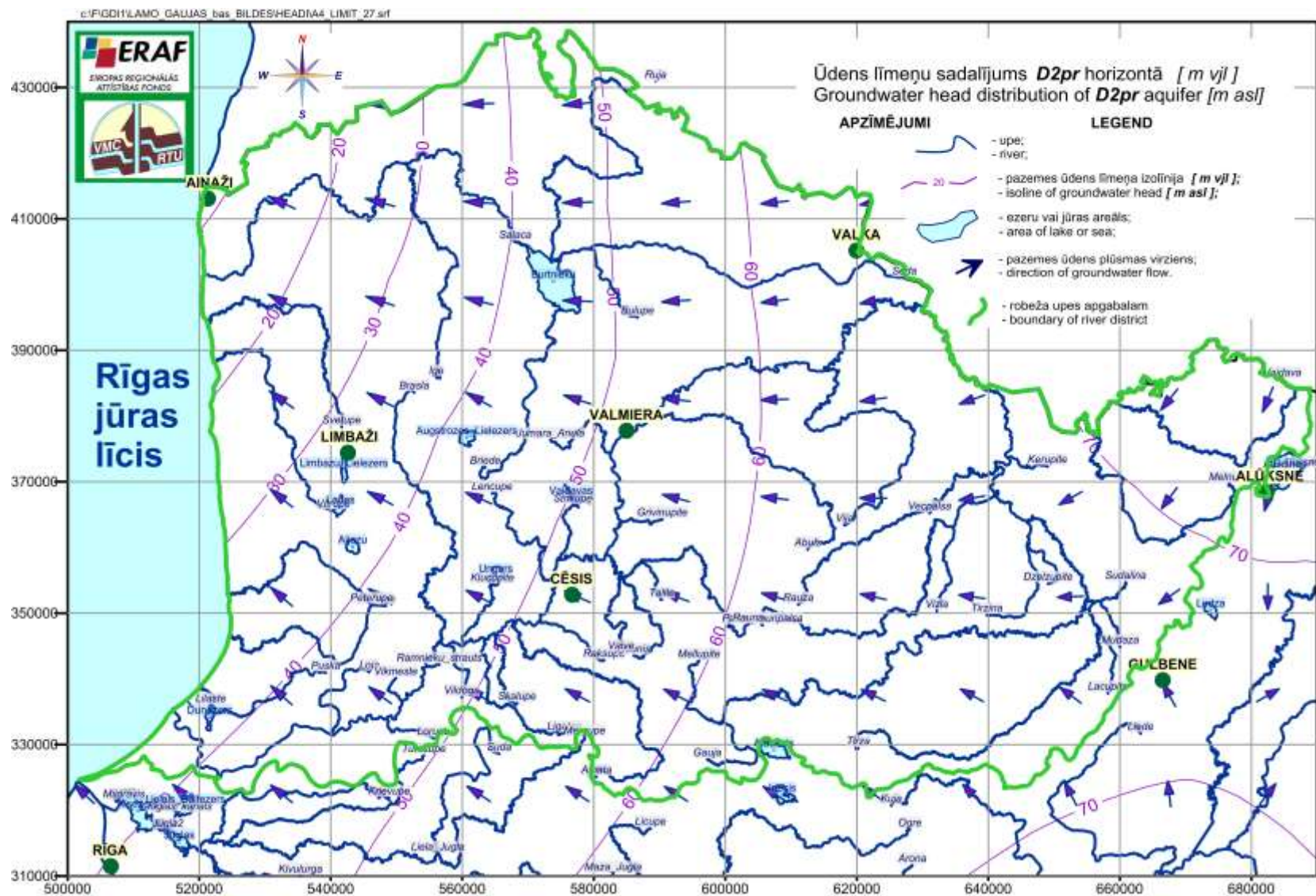
9. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā D3gj1 [m vjl]



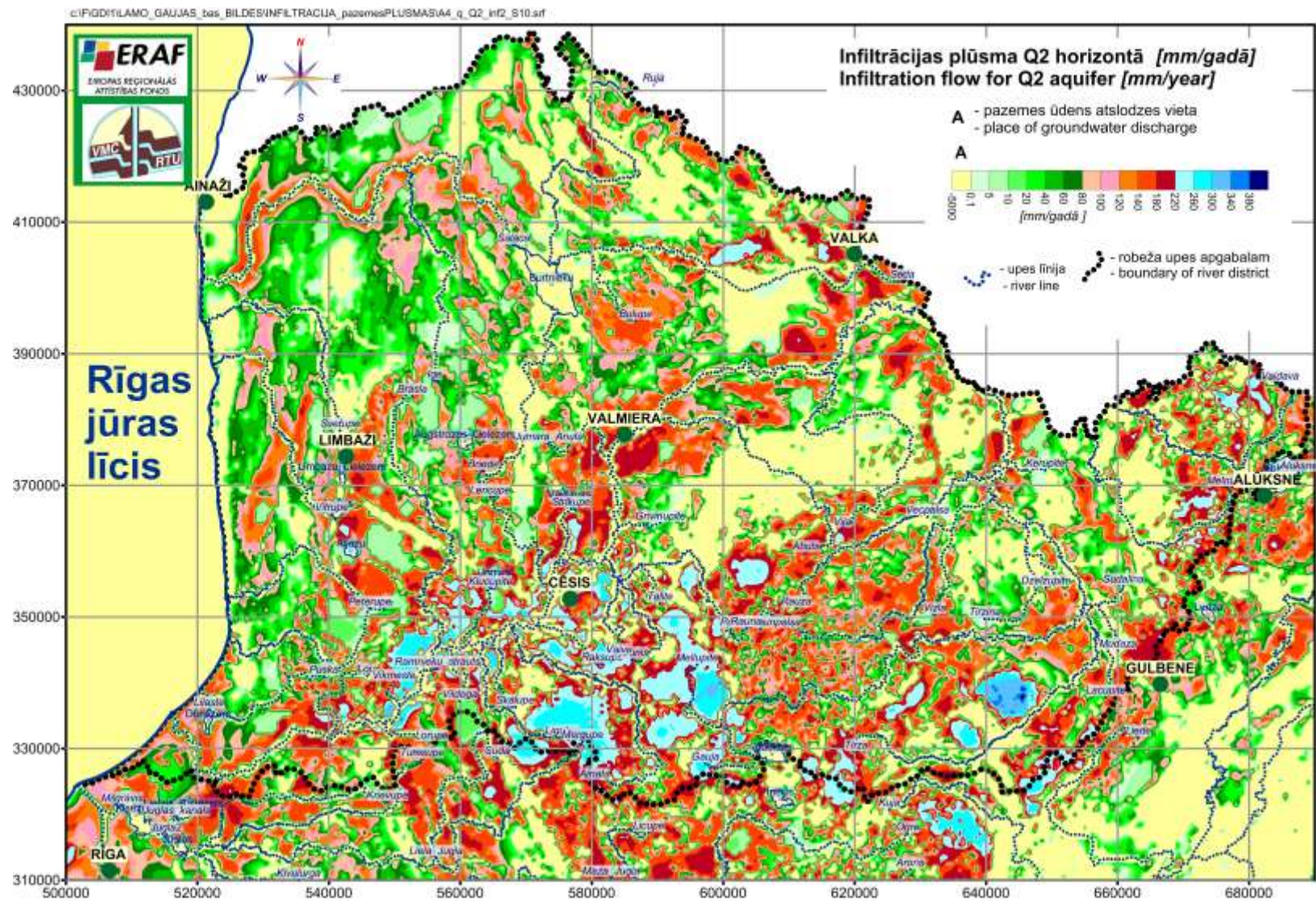
10. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā D2brt [m vjl]



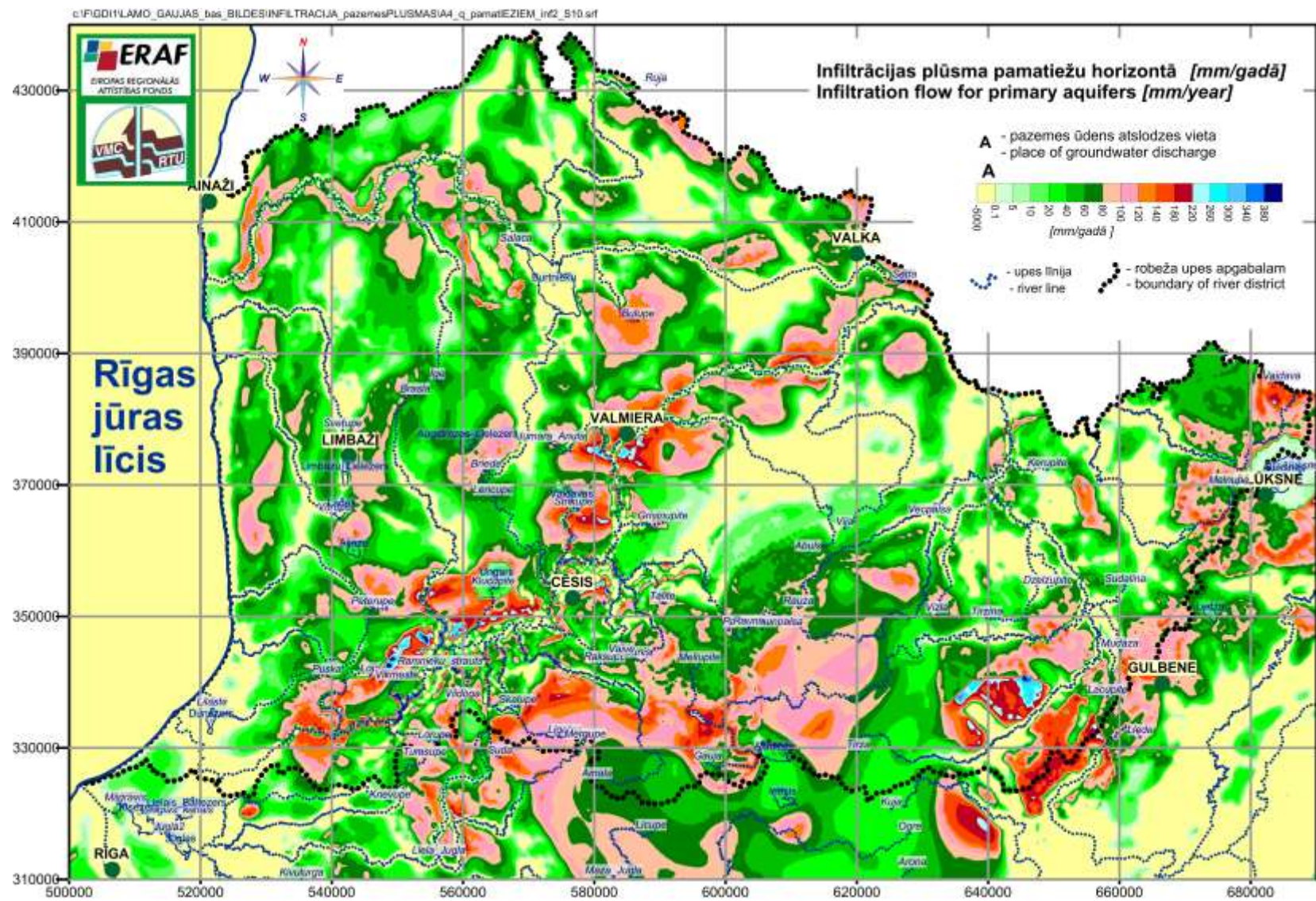
11. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā D2ar [m vjl]



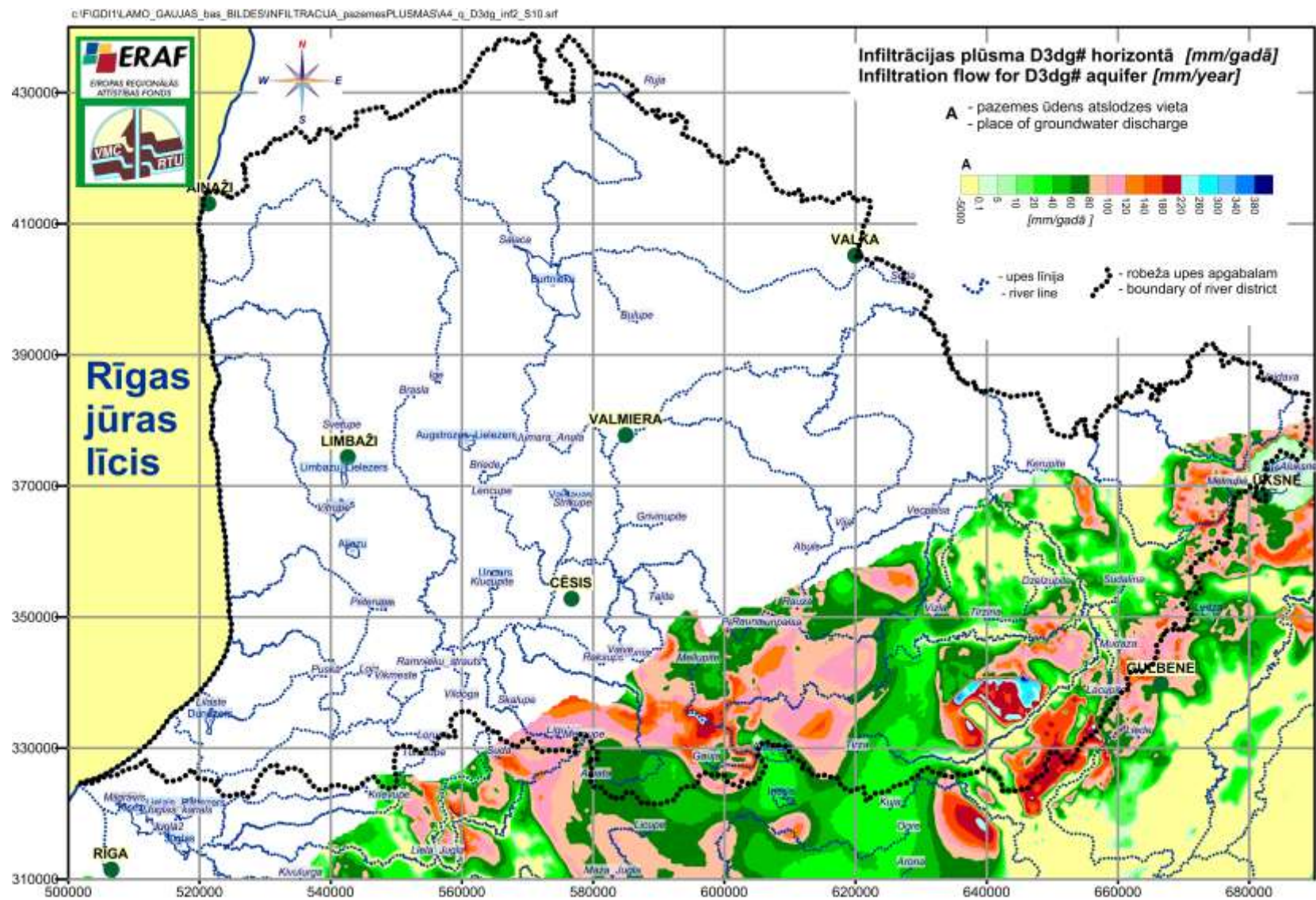
12. att. Ūdens līmeņu sadalījums horizontā D2prn [m vjl]



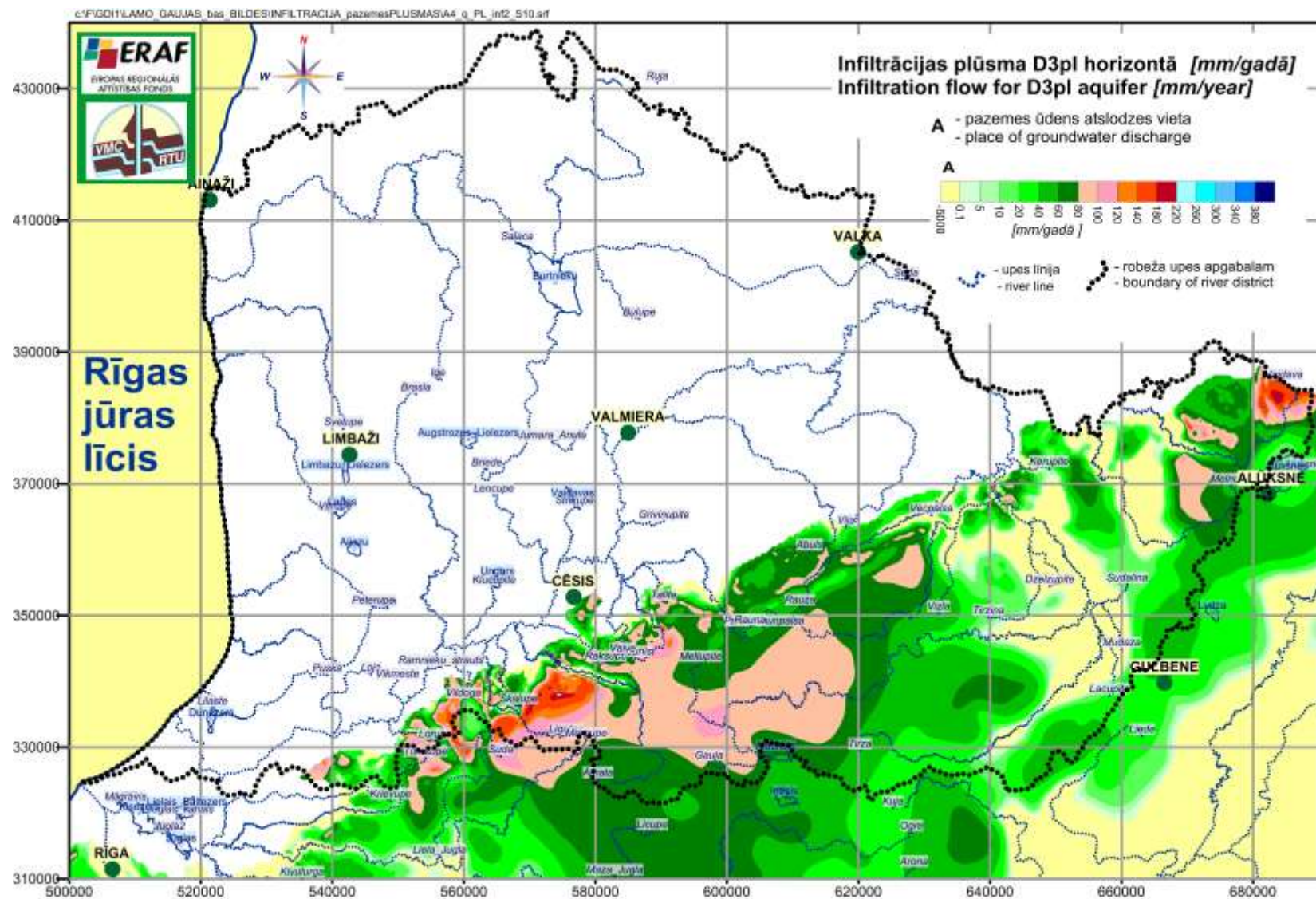
13. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam Q2 [mm/gadā]



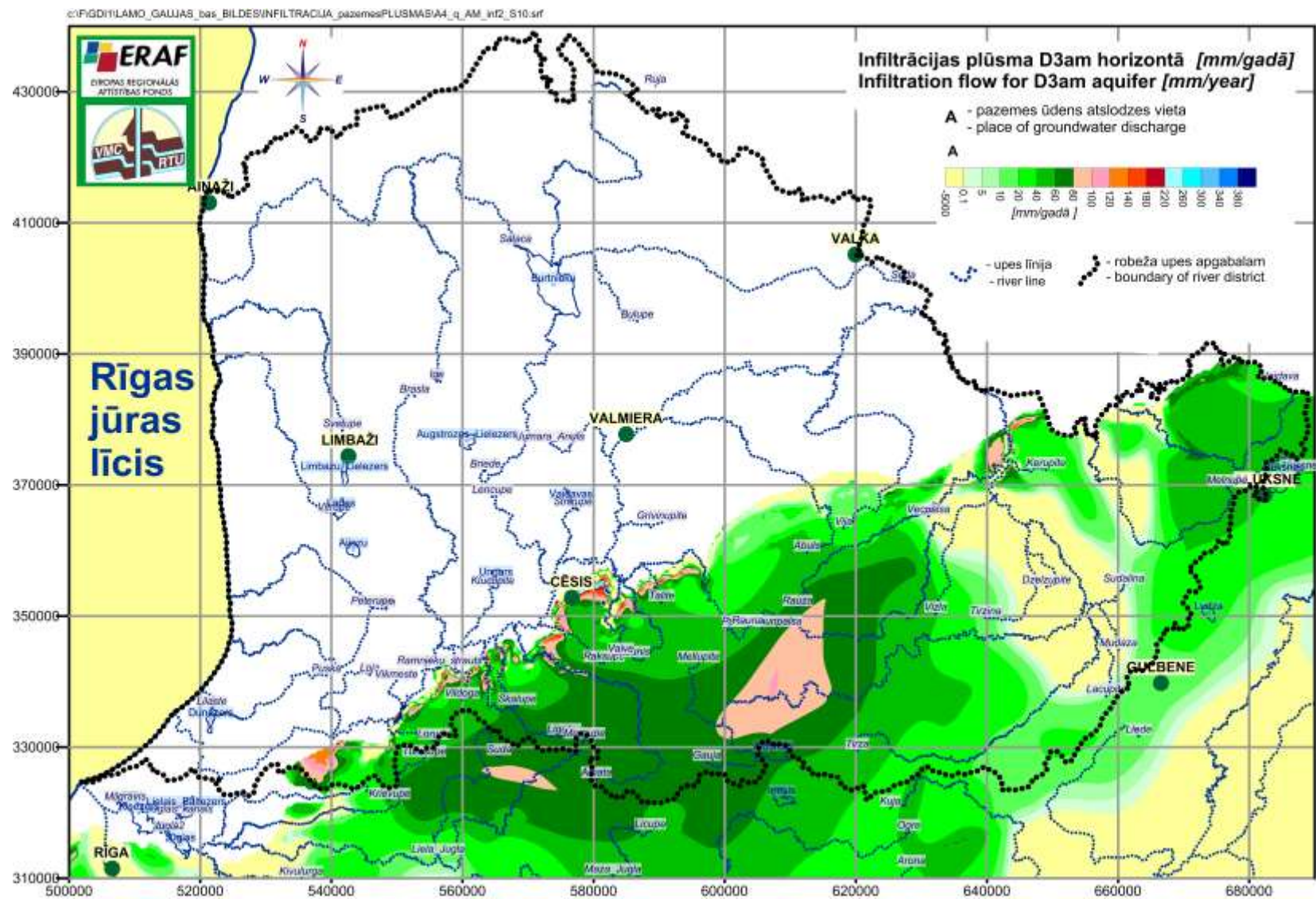
14. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums pamatiežu horizontam **preQ** [mm/gadā]



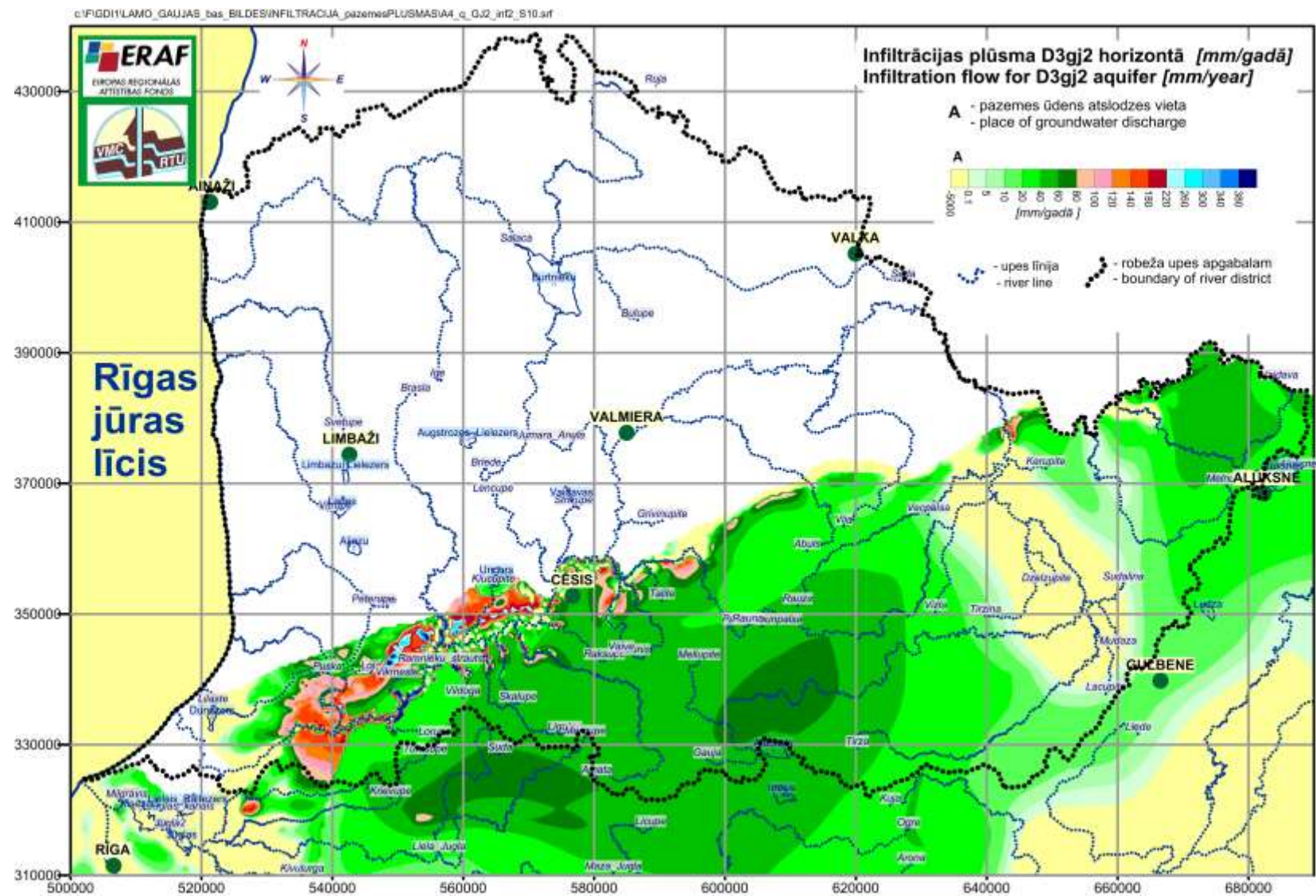
15. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums pamatiežu horizontam **D3dg#** [mm/gadā]



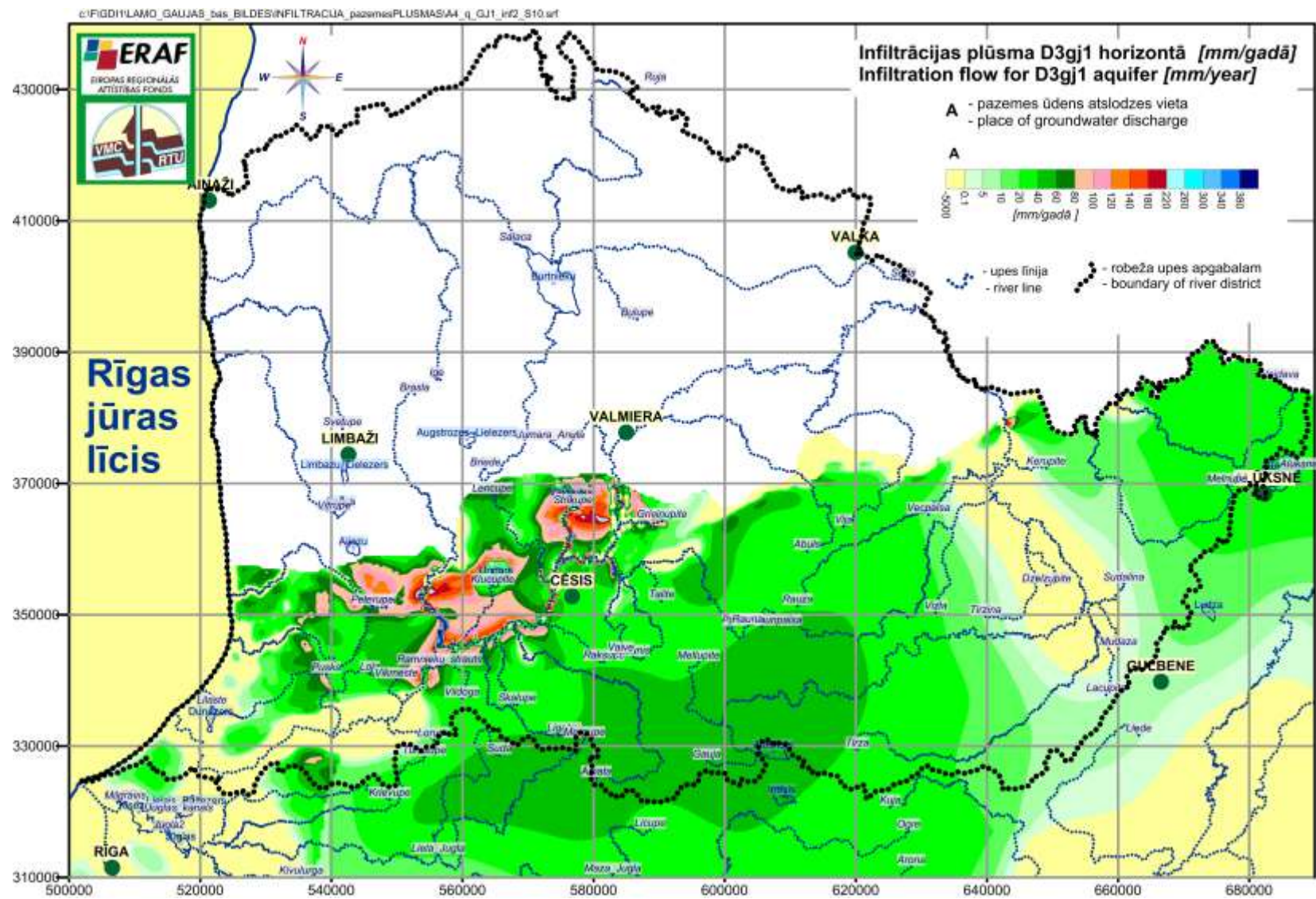
16. att. Infiltācijas plūsmas sadalījums horizontam **D3pl** [mm/gadā]



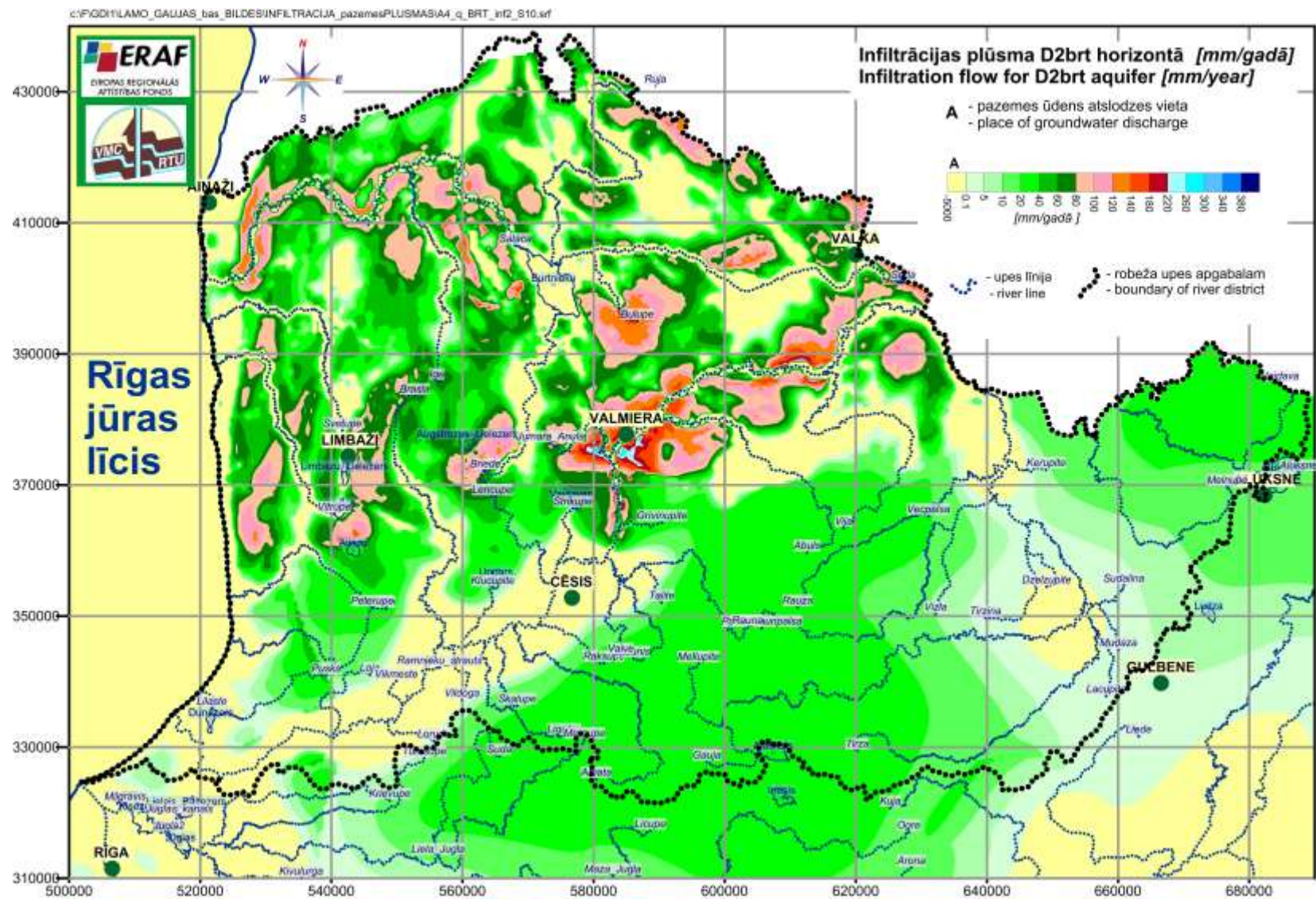
17. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **D3am** [mm/gadā]



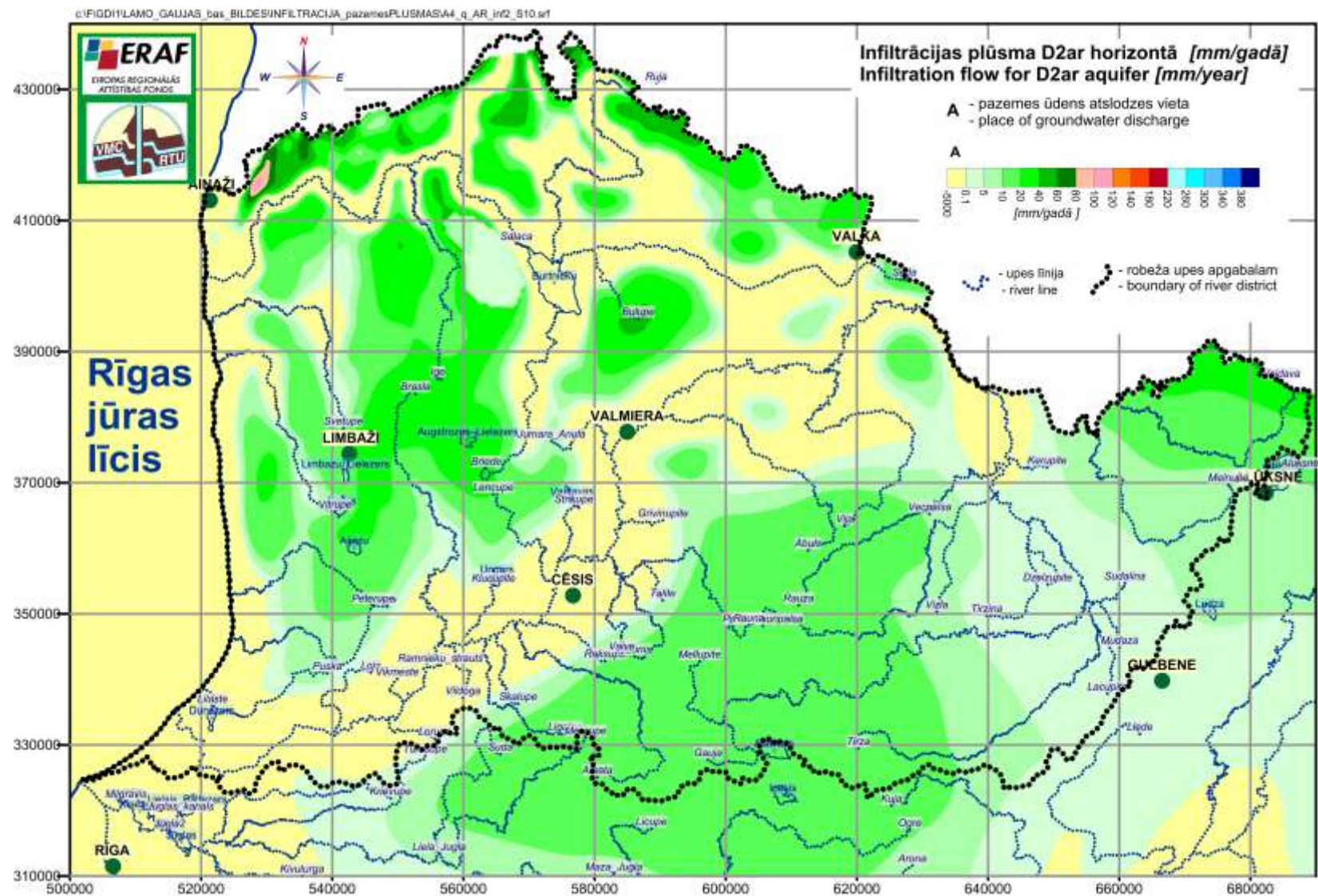
18. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam D3gj2 [mm/gadā]



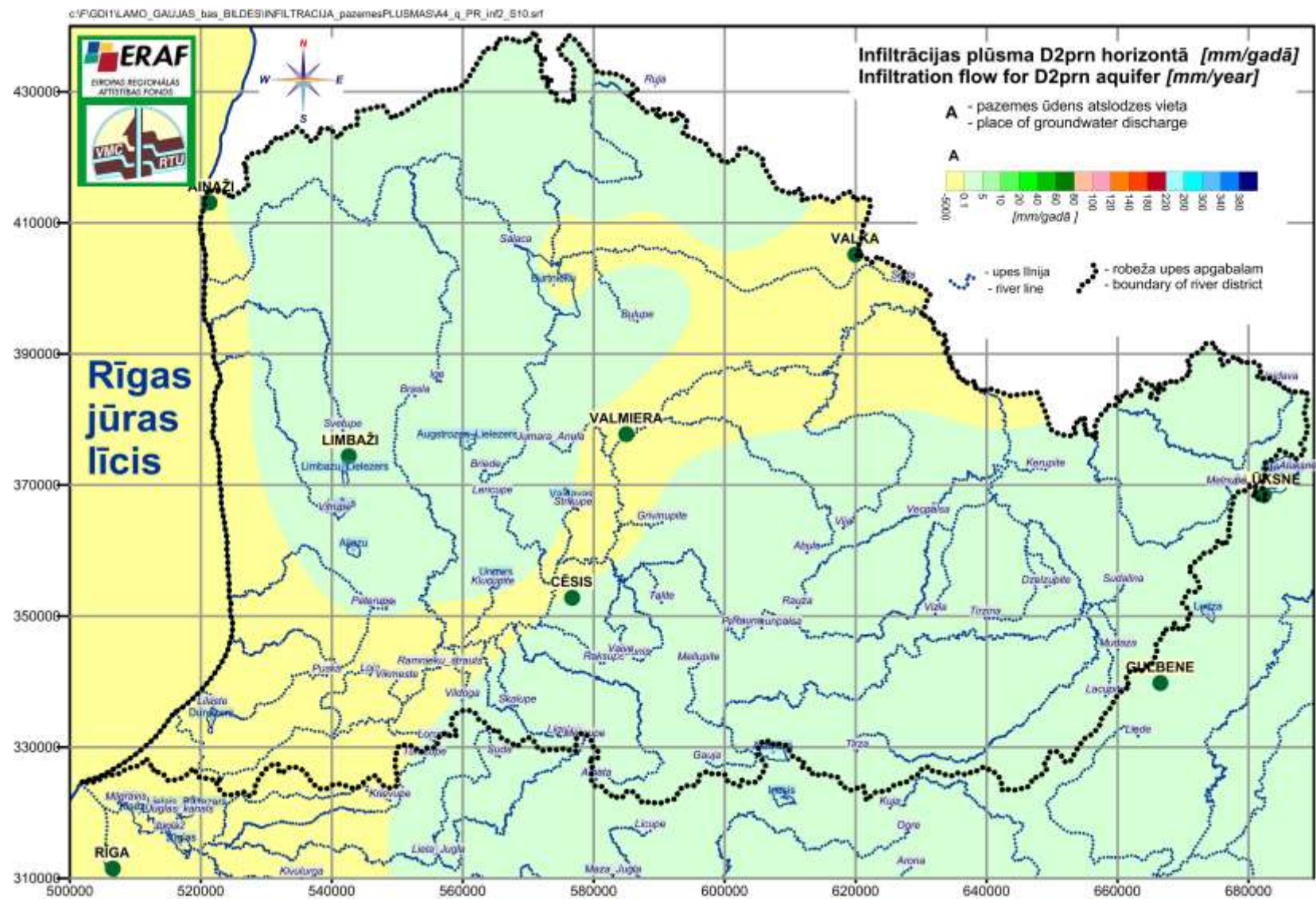
19. att. Infiltācijas plūsmas sadalījums horizontam D3g1 [mm/gadā]



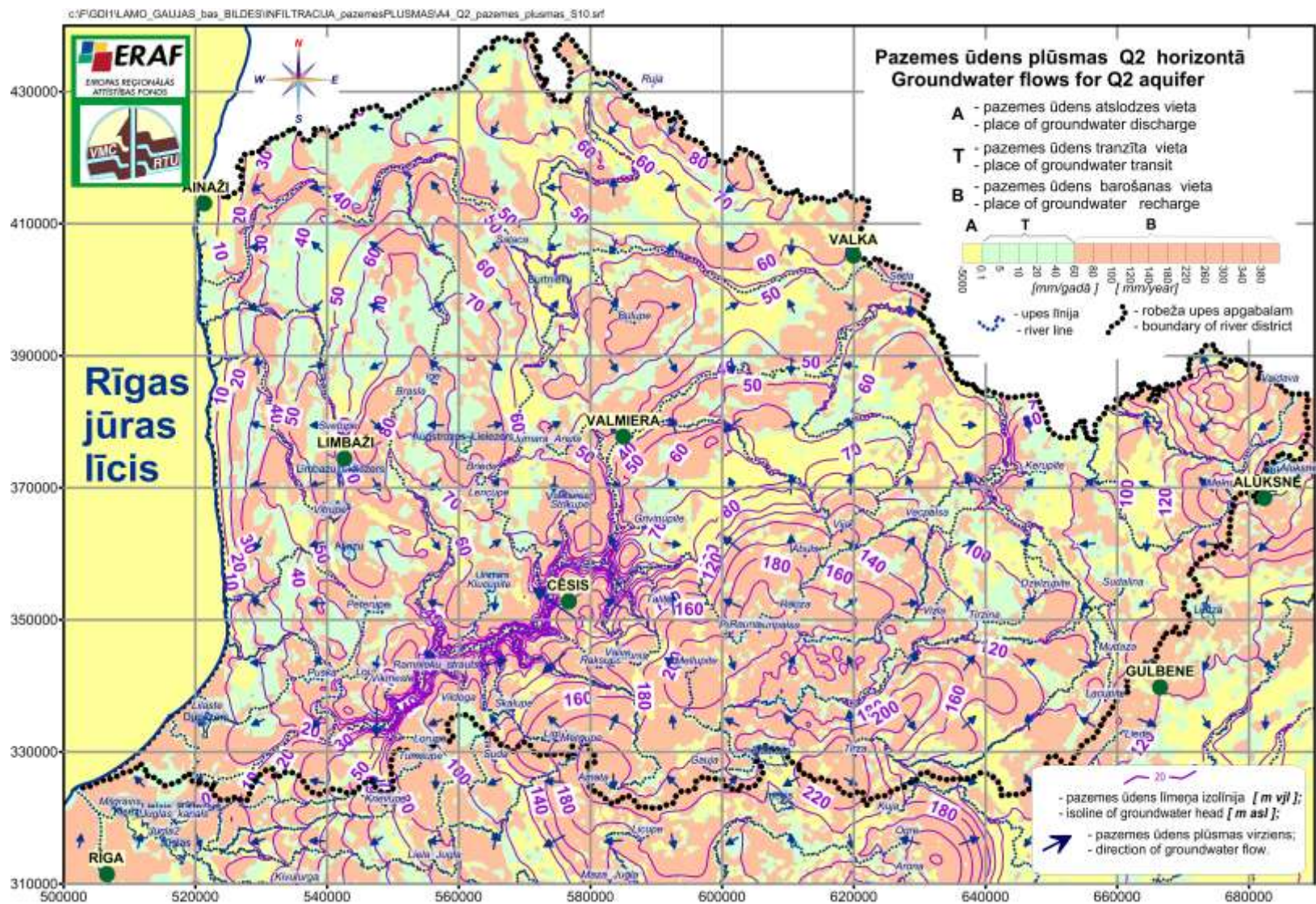
20. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam **D2brt** [mm/gadā]



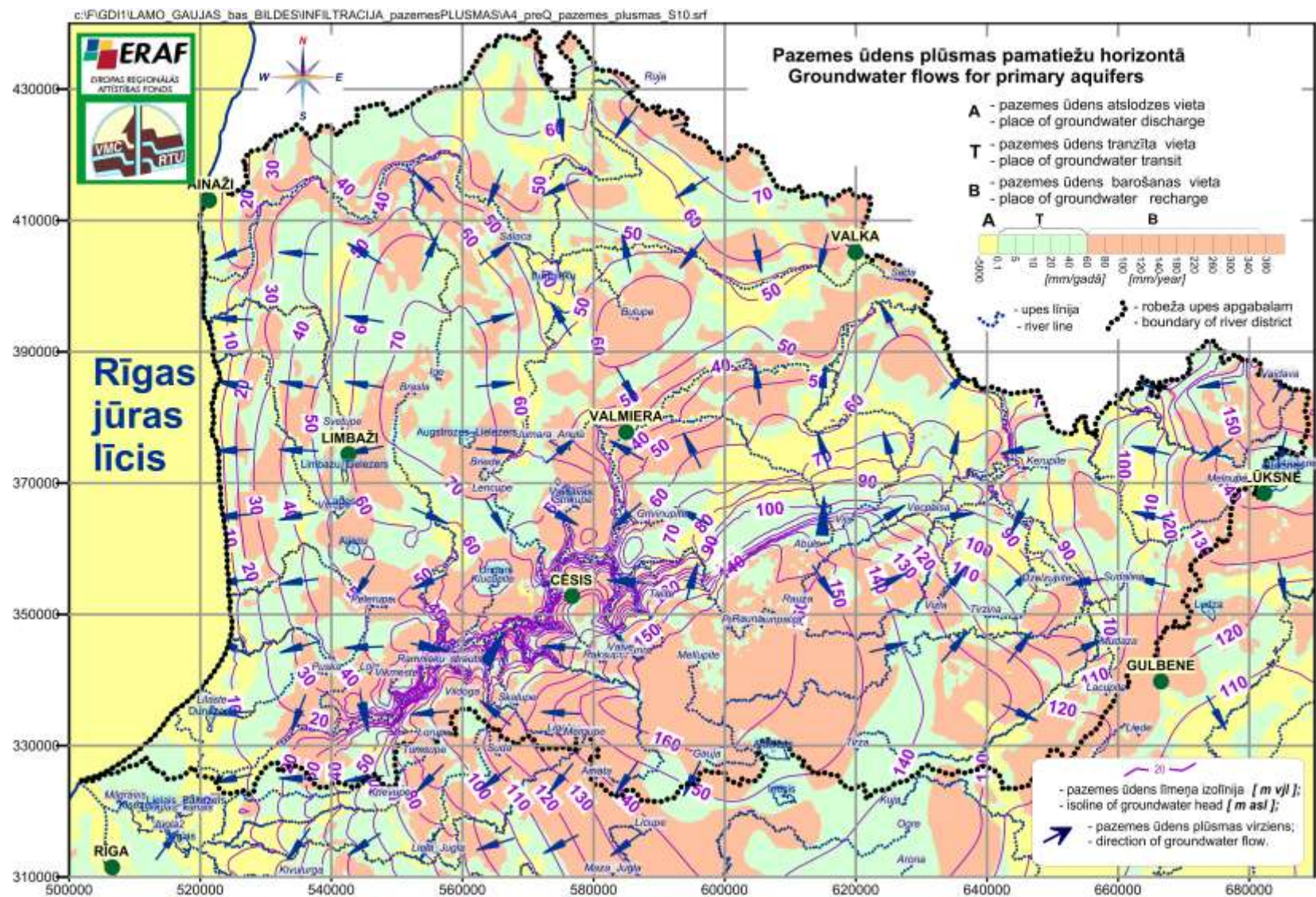
21. att. Infiltācijas plūsmas sadalījums horizontam **D2ar** [mm/gadā]



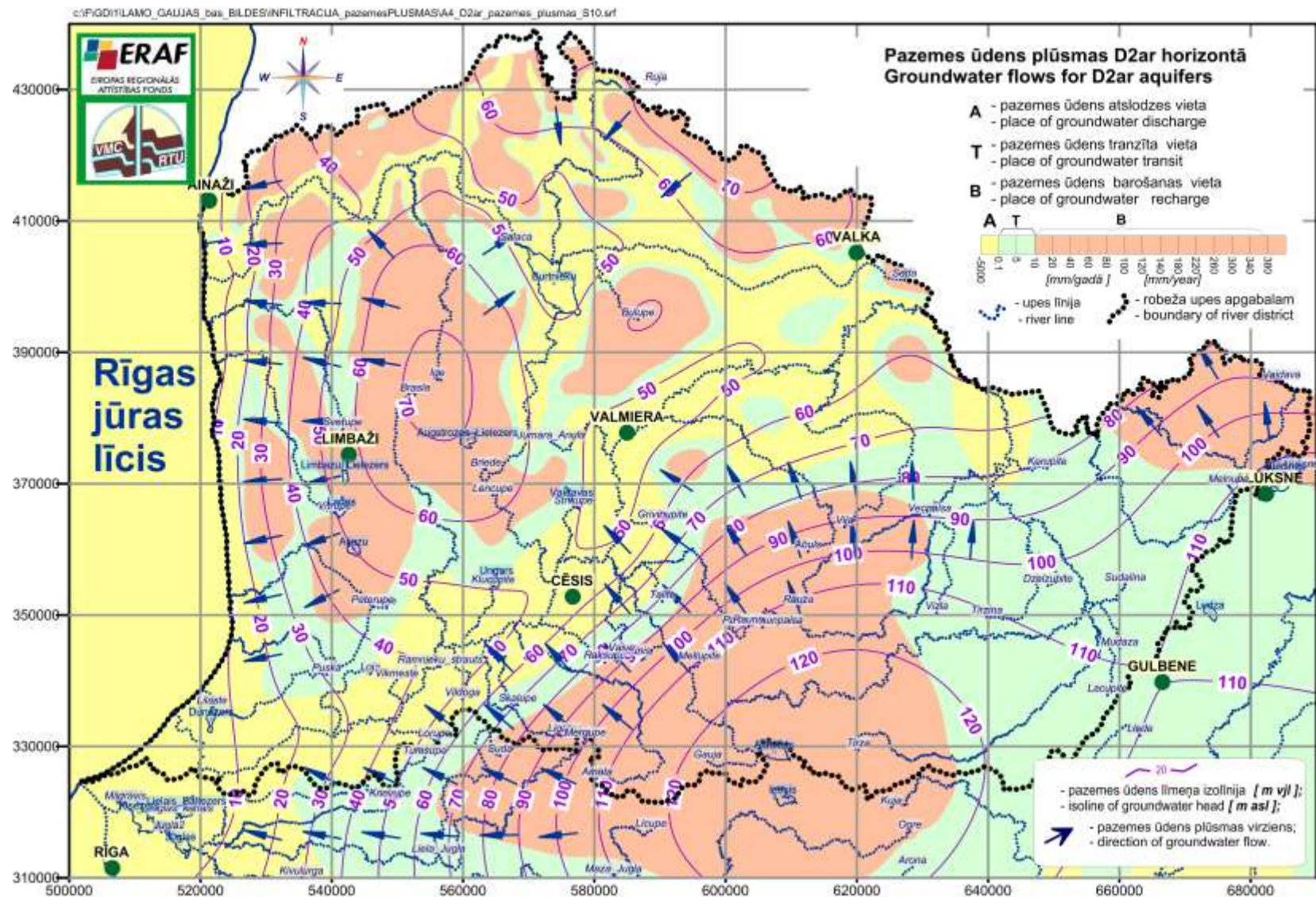
22. att. Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam D2prn [mm/gadā]



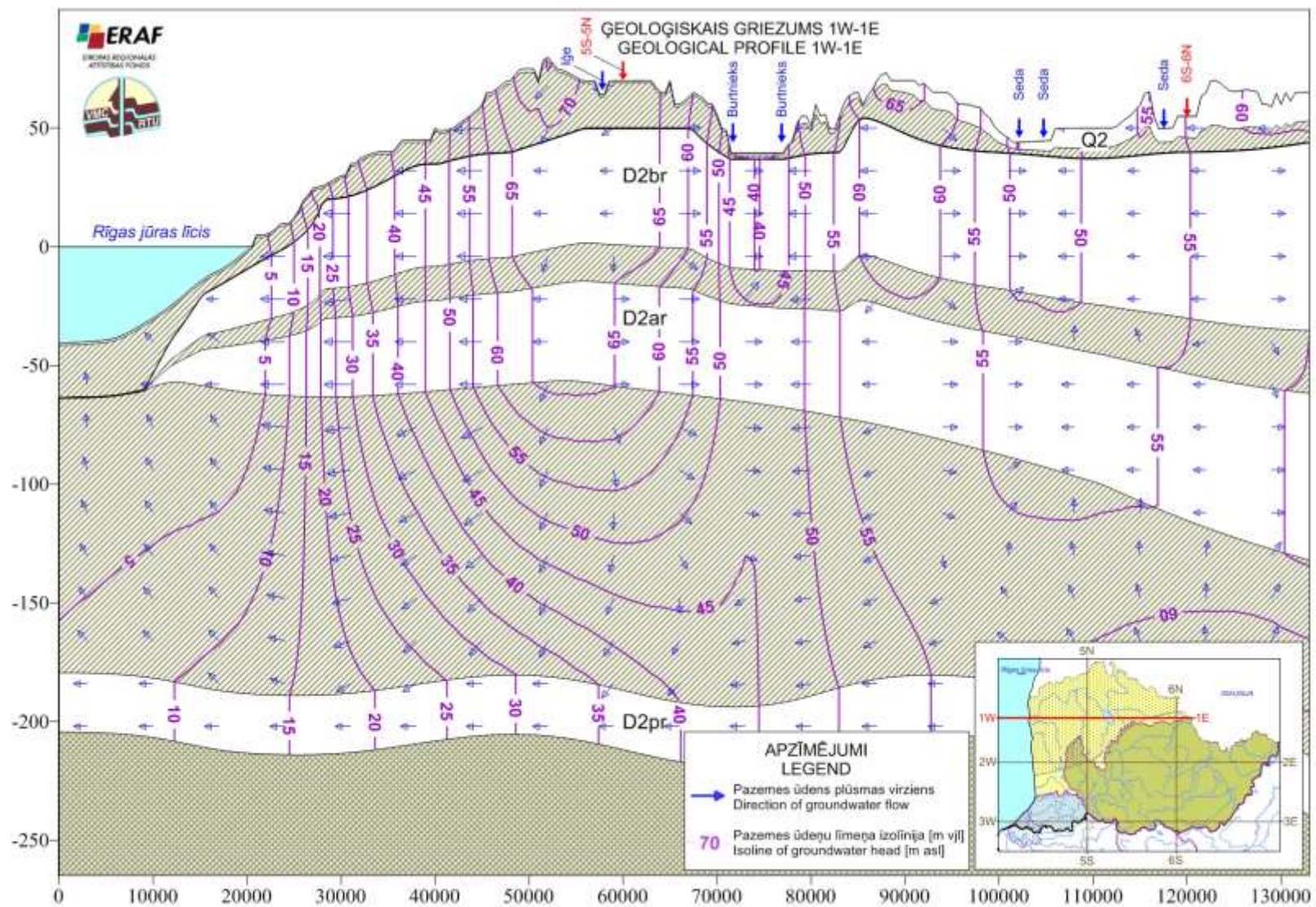
23. att. Pazemes ūdens plūsmas horizontā Q2



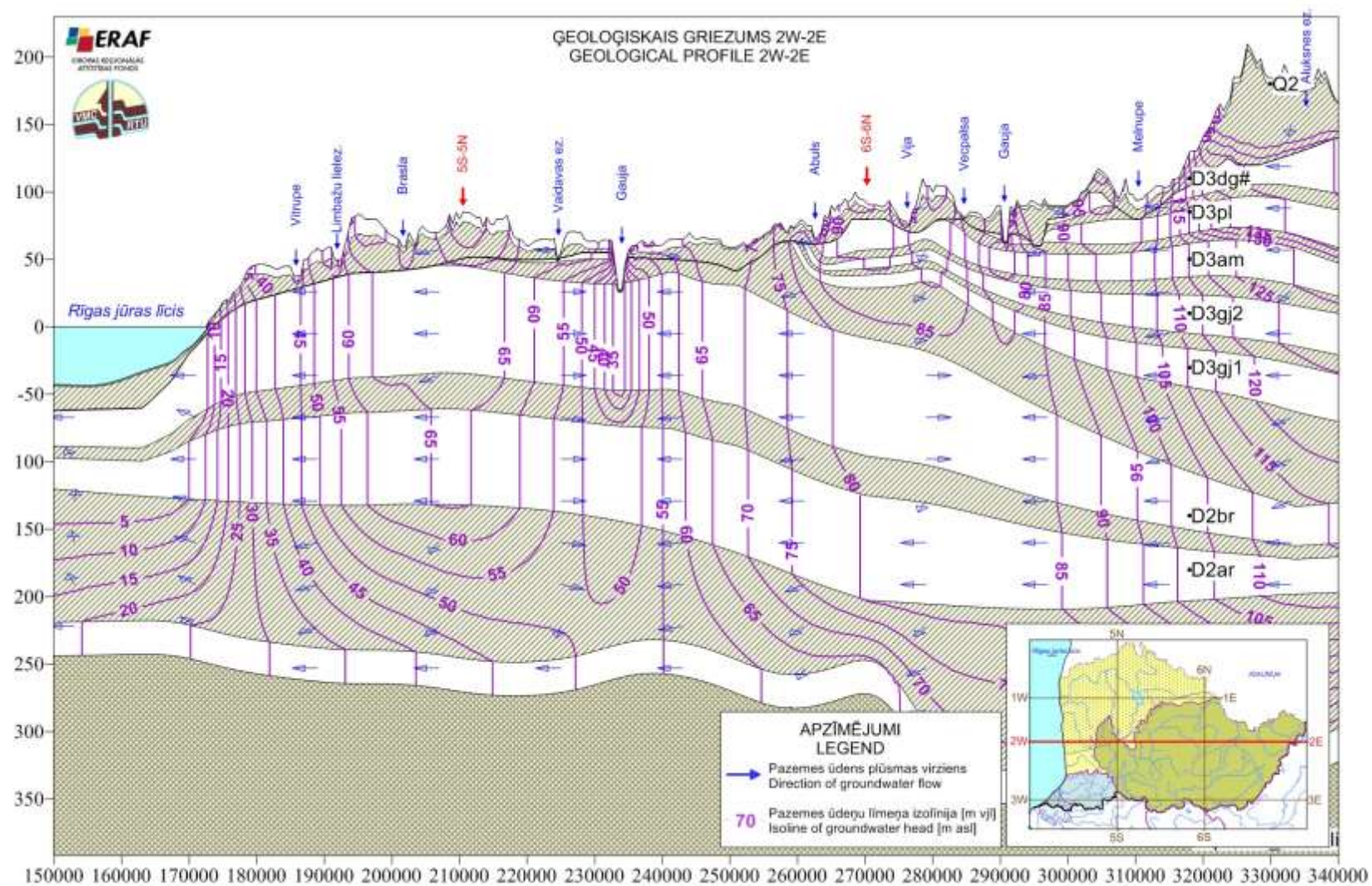
24. att. Pazemes ūdens plūsmas pamatiežu horizontā **preQ**



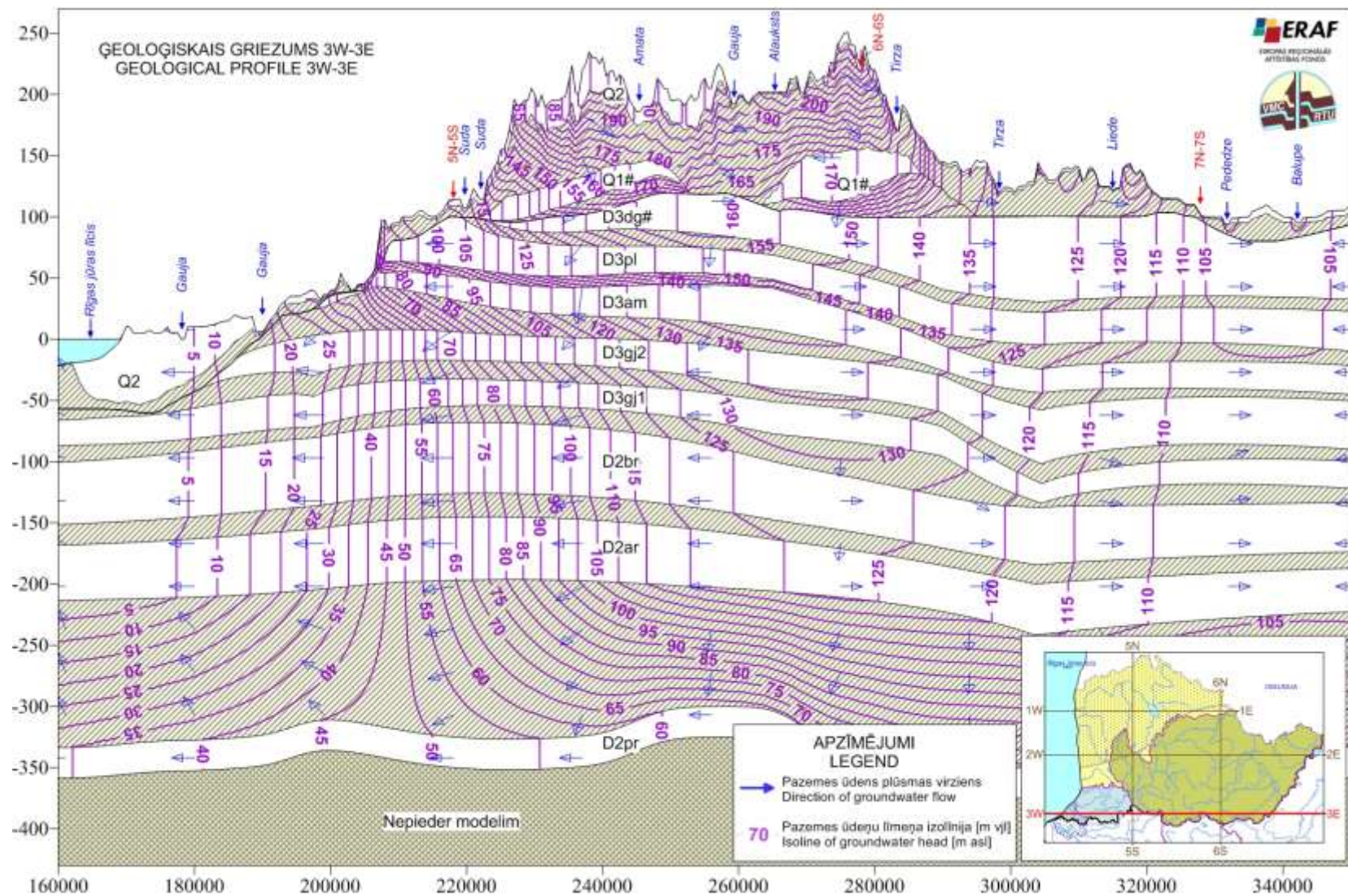
25. att. Pazemes ūdens plūsmas horizontā D2ar



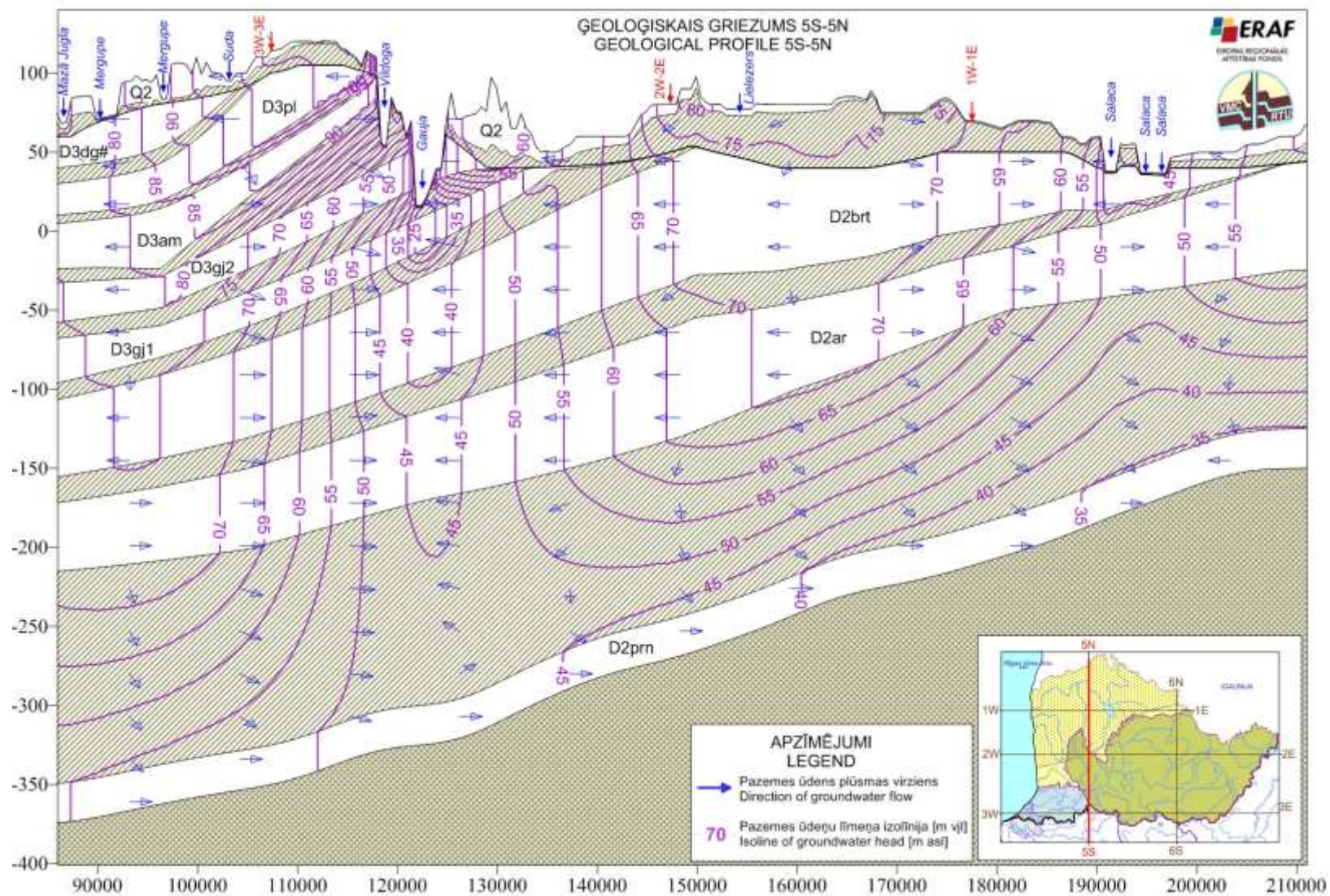
26. att. Ģeoloģiskais griezumums 1W-1E



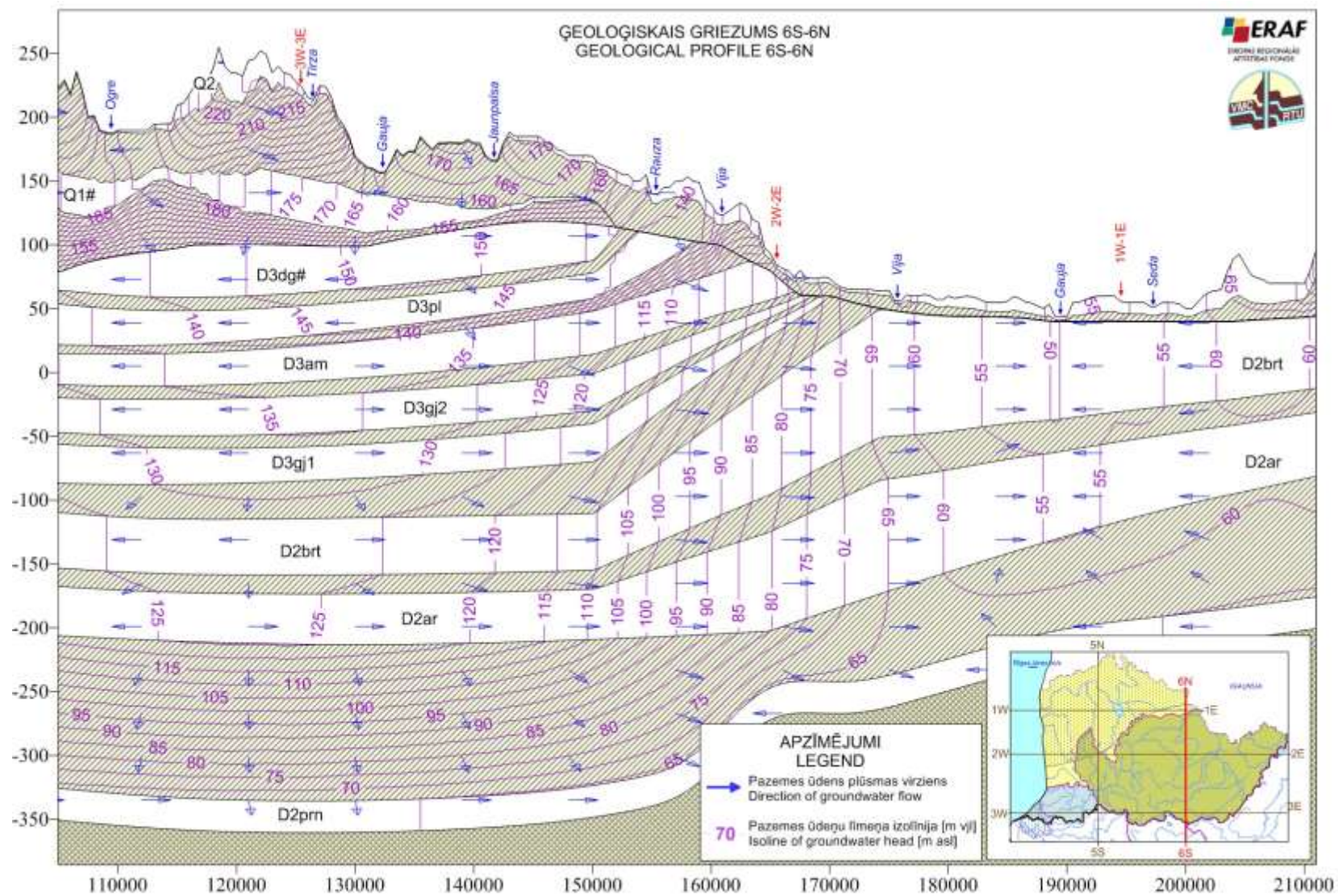
27. att. Ģeoloģiskais griezum 2W-2E



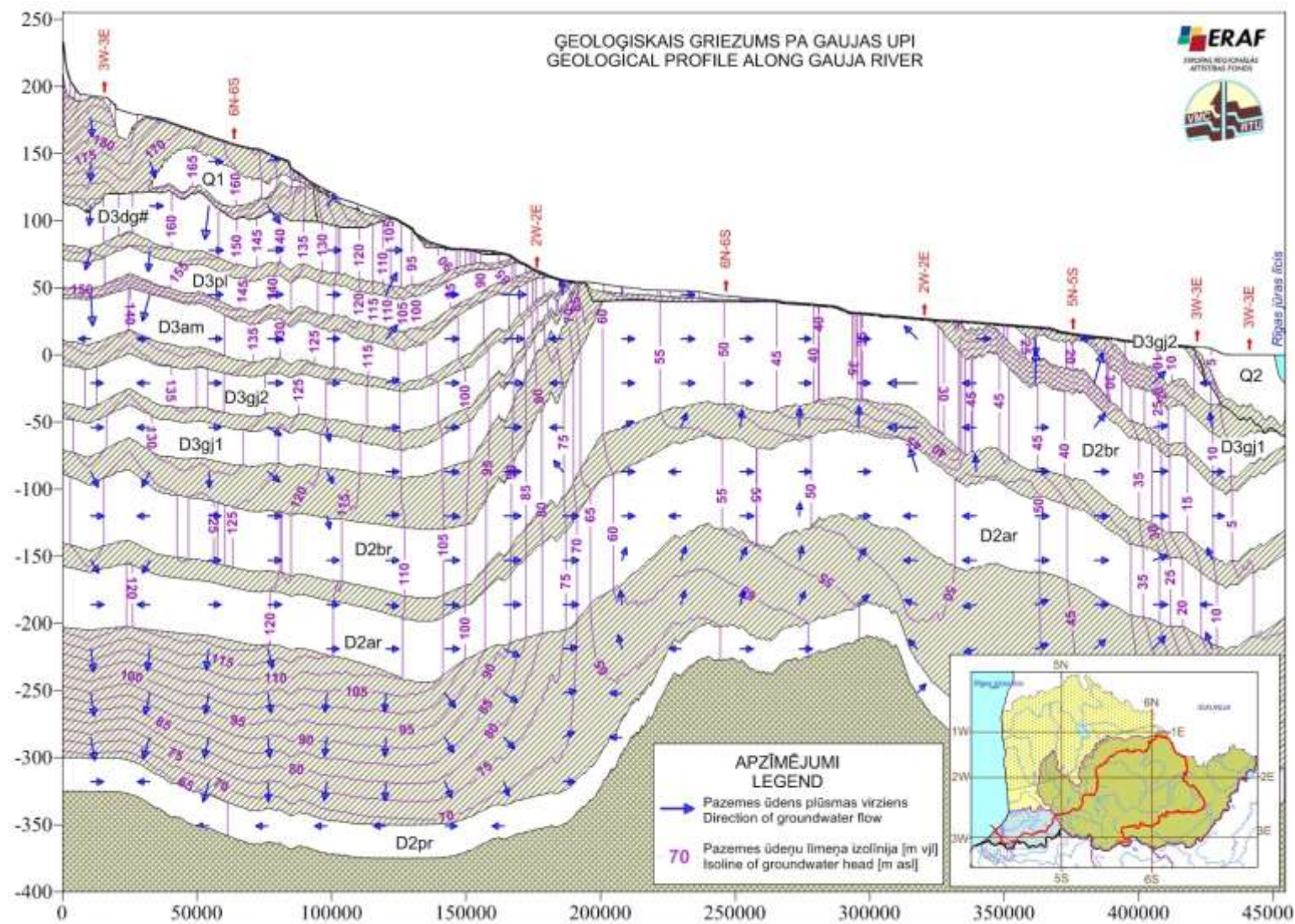
28. att. Ģeoloģiskais griezum 3W-3E



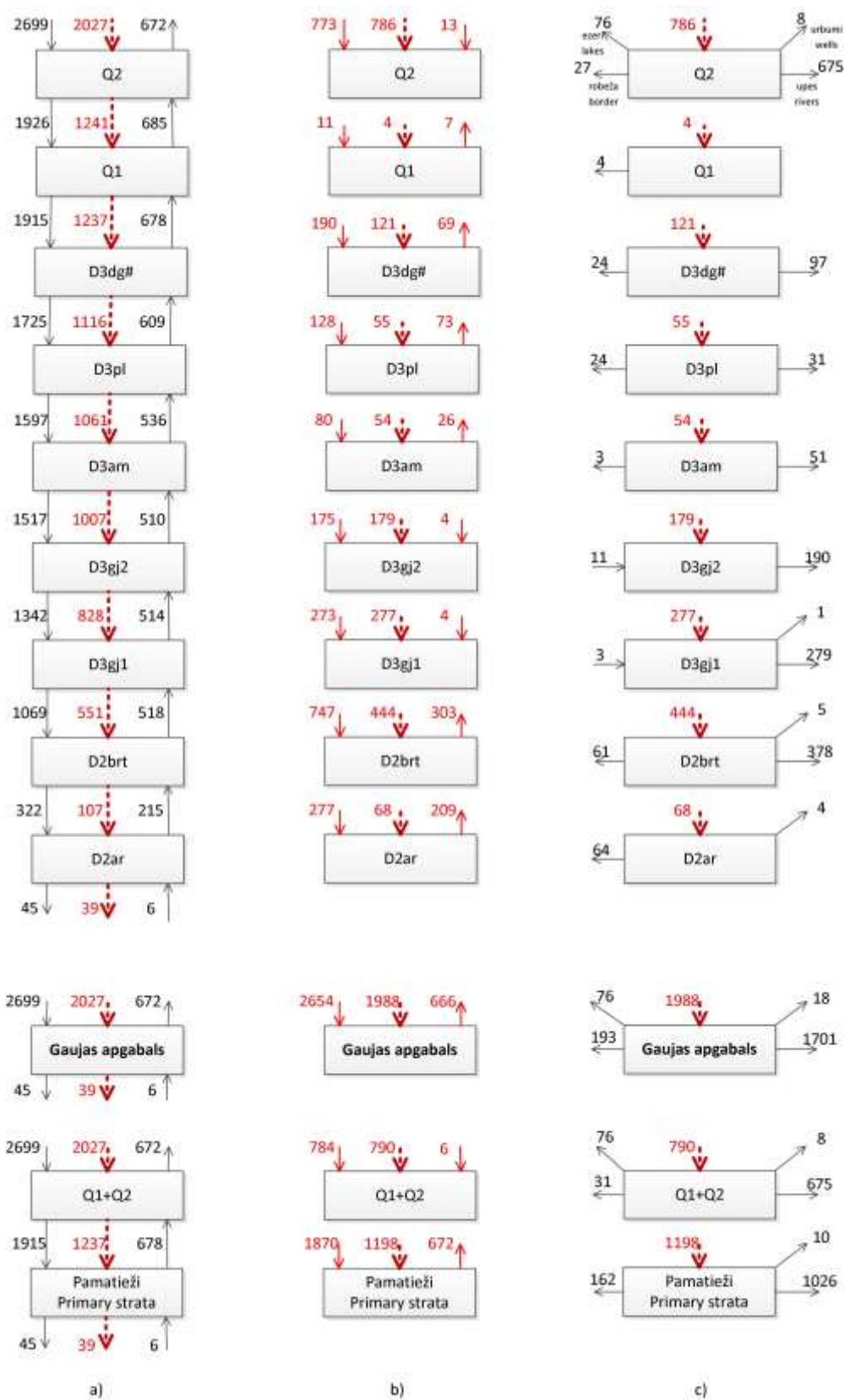
29. att. Ģeoloģiskais griezumš 5S-5N



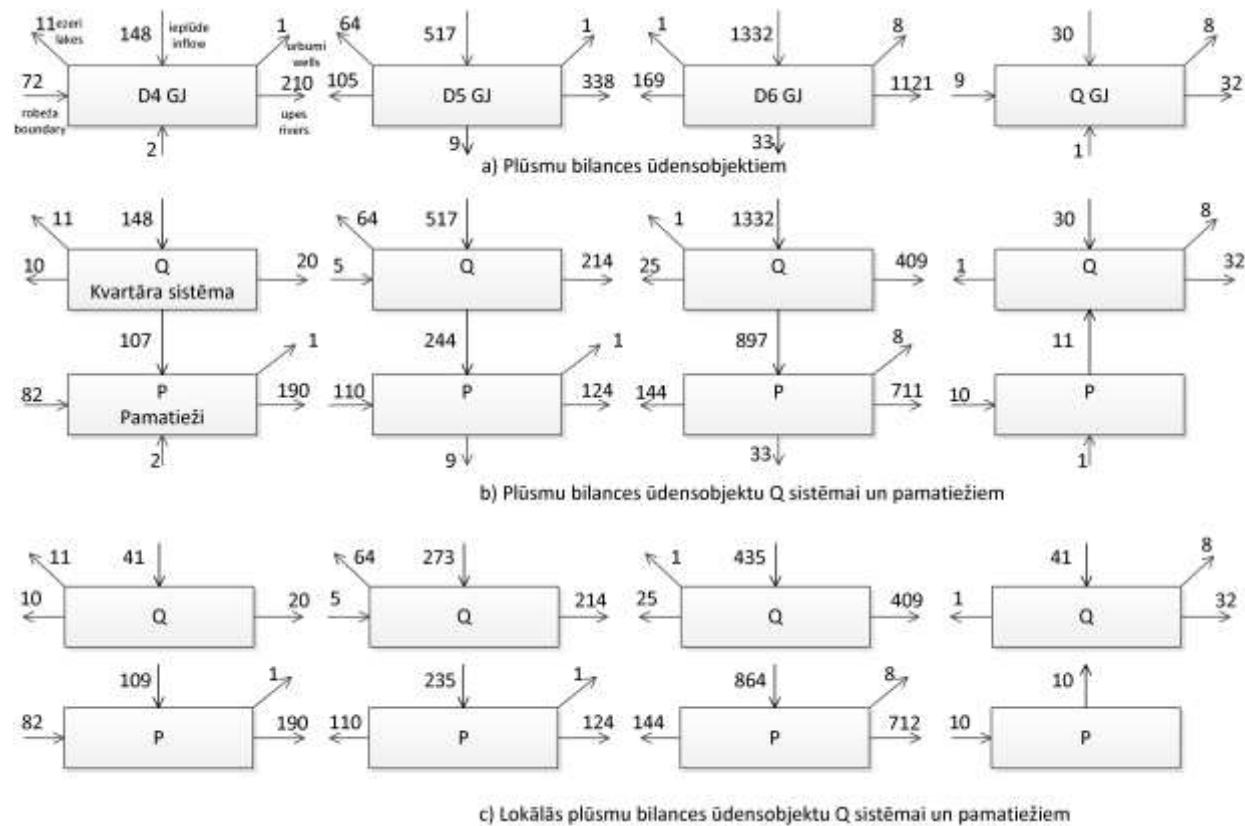
30. att. Ģeoloģiskais griezumš 6S-6N



31. att. Ģeoloģiskais griezumš pa Gaujas upi



32. att. Pazemes ūdens balances [tūkst m^3/dienn] shēma Gaujas upju baseina apgabalā (grafiskais skaidrojums 2. tabulai)



33. att. Pazemes ūdens bilances [tūkst m³/ dienn] shēma Gaujas apgabala ūdens objektiem (grafiskais skaidrojums 3. tabulai)