

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA

GRUNTSŪDENS LĪMEŅU SVĀRSTĪBAS
KLIMATA MAINĪBAS IETEKMĒ

MAĢISTRA DARBS

Autors: **Didzis Lauva**

Stud.apl. dl05098

Darba vadītāja: Aija Dēliņa, Dr.geol., Docente

RĪGA, 2011

Anotācija

Šajā maģistra darbā tiek aplūkotas gruntsūdens līmeņu svārstības, to ietekmējošie faktori un šo svārstību temporālās un telpiskās atšķirības. Apkopojot novērojumus un modelējot gruntsūdens līmeņus, tika noteiktas un novērtētas to atšķirības starp atskaites periodu (1961.-1990. gads) un nākotnes periodu (2071.-2100. gads). Lai varētu veikt salīdzināšanu starp šajos periodos apkopotajiem gruntsūdens līmeņiem, tika atrasta un uzlabota matemātiska pieeja mērķa sasniegšanai. Iegūtie rezultāti pierāda nokrišņu daudzuma sezonālo ietekmi uz gruntsūdens līmeņu izmaiņām, kā arī atrastas ilggadīgo mēnešu vidējo gruntsūdens līmeņu atšķirības starp atskaites un nākotnes periodu. Nākotnes periodā teritorijās ar zemu kontinentalitāti ilggadīgo gruntsūdens līmeņu svārstību režīms atšķirsies no atskaites periodā apkopotā un klasiski pieņemtā Latvijas teritorijai raksturīgā gruntsūdens līmeņu svārstību režīma.

Atslēgas vārdi: gruntsūdens līmeņi, normalizācija, gruntsūdens līmeņu svārstības, nokrišņi, nākotnes klimats, kontinentalitāte.

Abstract

The present Master's Paper represents shallow groundwater fluctuations and its influencing factors, and the spatiotemporal differences in Latvia. The differences of groundwater fluctuations between reference (1961-1990.) and future (2071-2100.) periods has been summarized and estimated based on the observations and modelled data. Mathematical approaches were found and improved for quantitative analysis between data. Firstly, the results proved seasonality of precipitation influence to groundwater table fluctuations and secondly, there is a significant difference between reference and future long-term monthly average groundwater level fluctuations. The regime of long-term monthly average groundwater level fluctuations will differ in areas with low continentality from the present regime of classical Latvia-specific groundwater level fluctuations.

Keywords: groundwater levels, groundwater table fluctuation, normalization, precipitation, future climate, continentality.

Saturs

Ievads.....	5
1. Teorētiskā daļa.....	7
1.1 Gruntsūdens, tā resursi un pētījumi Latvijā.....	7
1.2 Ūdens veidi iežos.....	8
1.3 Gruntsūdens balance.....	9
1.4 Gruntsūdens papildināšanās un režīmi.....	11
1.5 Filtrācijas plūsmas un to aprēķini.....	14
1.6 Nosusināšanas sistēmas un to radītie riski.....	16
1.7 GŪL modelēšana.....	17
1.7.1 GŪL modelēšana ar Metul.....	19
1.7.1.1 Sniega segas veidošanās un kušanas aprēķins.....	19
1.7.1.2 Aprēķini aktīvajam augsnes slānim.....	20
1.7.1.3 Aprēķini gruntsūdens un kapilārā ūdens slānim.....	22
1.7.1.4 Metul autokalibrācija.....	24
1.7.1.5 Metul modelēto un novēroto GŪL salīdzinājuma metodika.....	25
1.7.1.6 Metul integrēšana ģeogrāfiskajās informācijas sistēmās.....	26
1.8 Gruntsūdeņu pētījumi saistībā ar nākotnes klimatu.....	27
1.8.1 Nākotnes klimata mainības informācijas avoti.....	29
2 Zinātniski pētnieciskā daļa.....	31
2.1 Darba uzdevumi.....	31
2.2 GŪL līmeņu novērojumi un to raksturojums.....	32
2.3 GŪL novērojumu matemātiskie pārveidojumi.....	33
2.3.1 GŪL novērojumu lineārā interpolācija.....	33
2.3.2 GŪL datu rindu transformācija.....	34
2.4 Izvēlētie urbumi un to grupēšana.....	37
2.5 Kontinentalitāte kā ietekmējošais faktors starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL vērtībām.....	39
2.6 Reljefs kā nozīmīgs faktors starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL vērtībām.....	44
2.7 Nokrišņu daudzuma un IMVN GŪL vērtību sezonālītātes raksturojums pēc KI vērtības izdalītajās teritorijās.....	46
2.8 Ilggadīgās mēnešu vidējās normalizētās novēroto GŪL vērtības teritorijās ar atšķirīgu KI vērtību.....	50

2.9 Pētījumā veiktais GŪL modelēšanas raksturojums.....	55
2.10 Sezonālās GŪL svārstību atšķirības.....	56
2.10.1 Novēroto un modelēto IMVN GŪL salīdzinājums atskaites perioda ietvaros.....	57
2.10.2 Novēroto un modelēto IMVN GŪL salīdzinājums starp atskaites un nākotnes periodiem.....	60
2.11 Diskusija.....	63
Secinājumi.....	65
Nobeigums.....	67
Pateicības.....	67
Izmantotā literatūra.....	68
Atsauces uz attēliem.....	72
Pielikums.....	73

levads

Maģistra darbā ir veikts apjomīgs un daudzšķautņains pētījums par Latvijas gruntsūdeņiem un to līmeņu svārstībām, kas ne tikai aplūko un novērtē to likumsakarības, bet arī dod priekšstatu par to iespējamajām izmaiņām pētījuma ietvaros definētajā nākotnes periodā. Iepazīstoties ar pasaulē veiktajiem gruntsūdens līmeņu un to izmaiņu pētījumiem, varu secināt, ka maģistra darba izvēlētajā tematikas aktualitāte pēdējos divdesmit, trīsdesmit gados nav mazinājusies. Tieši otrādi, šajā laikā uzkrātā informācija un laika gaitā paralēli attīstošās matemātiskās un statistiskās metodes ļauj iegūt arvien jaunas zināšanas par gruntsūdeņiem, to īpašībām, un ar tiem saistītu faktoru mijiedarbību. Iepazīstoties ar literatūru, šāds fakts tiek secināts arī publikācijā (Kumar & Singh, 2010), kurā tiek aplūkoti ar gruntsūdens līmeņiem saistīti pētījumi; it sevišķi tādi, kas skar gruntsūdens resursu novērtējumu attiecībā pret iespējamo nākotnes klimatu. Pēdējo divdesmit gadu laikā ir stipri attīstījušies pētījumi, kas skar klimata izmaiņas nākotnē. Šo pētījumu rezultātus var transformēt uz citiem pētījumiem, kur klimatiskie faktori spēlē galveno lomu.

Maģistra darba mērķis ir raksturot gruntsūdens līmeņu sezonālās svārstības visas Latvijas teritorijā klimata mainības ietekmē. Lai atrastu klimata mainības ietekmi uz gruntsūdens līmeņu svārstībām, tika izvēlēti divi periodi, katrs 30 gadu garumā. Atskaites periods tiek definēts no 1961. gada līdz 1990. gadam, savukārt nākotnes periods – no 2071. līdz 2100. gadam. Maģistra darbā tiek pamatotas Latvijas teritorijā iespējamās klimatiskās atšķirības starp šiem periodiem. Kā galvenais uzdevums ir izvirzīts atrast un novērtēt atšķirības, kādas varētu pastāvēt starp definētajiem periodiem. Taču, lai to paveiktu, ir izvirzīti arī citi uzdevumi, kurus atrisinot, tiek sasniegts minētais maģistra darba mērķis. Tie sevī iekļauj gruntsūdens līmeņu modelēšanu, modelēto rezultātu novērtējumu un salīdzināšanu ar gruntsūdens līmeņu novērojumiem, šo novērojumu apkopošanu un korektu matemātisko metožu pielietošanu gruntsūdens līmeņu raksturošanai visā Latvijas teritorijā.

Maģistra darbs sastāv no divām daļām. Pirmā daļā tiek aplūkotas pētījuma teorētiskās nostādnes, kas sevī ietver esošo gruntsūdeņu pētījumu apzināšanu kā pasaulē, tā Latvijā, gruntsūdens telpisko un temporālo īpašību aspektus, gruntsūdens līmeņu modelēšanas iespējas un klimata mainības ietekmi uz gruntsūdeņiem. Otrā daļā tiek aprakstīta zinātniski pētnieciskā darbība. Tajā tiek aplūkotas izveidotās un izvēlētajās darba metodes un to pielietojums, kā arī iegūtie rezultāti. Tie, pirmkārt, ļauj iepazīties ar atrastajām likumsakarībām un pierāda sezonālo ietekmi starp nokrišņu daudzumu un gruntsūdens līmeņu svārstībām; otrkārt, pierāda kontinentalitātes ietekmi uz gruntsūdeņiem, un treškārt, dod ieskatu par nākotnē iespējamajiem gruntsūdens līmeņu režīmiem.

Maģistra darbs ir uzrakstīts uz 73 lapām. Tas satur 65 literatūras atsauces, 25 attēlus, 24

vienādojumus un 10 pielikumus.

Sava maģistra darba ietvaros esmu piedalījies trijās starptautiskās zinātniskās konferencēs, kurās esmu pārstāvējis Latvijas Universitāti un Latvijas Lauksaimniecības Universitāti ar stenda referātiem (Vircavs *et al*, 2010a, Vircavs *et al*, 2010b, Lauva *et al*, 2011).

1. Teorētiskā daļa

1.1 Gruntsūdens, tā resursi un pētījumi Latvijā

Latviešu valodā ar terminu “pazemes ūdeņi” apzīmē visus ūdeņus, kas atrodas pazemē. Angļu valodā šo terminu apzīmē vienā vārdā - *groundwater*. Lasot literatūru angļu valodā, ir svarīgi apzināties, kādus pazemes ūdeņus šis vārds sevī ietver. Tādējādi var sastapties ar vārdu salikumu “*unconfined groundwater*” kas apzīmē bezspiediena pazemes ūdeņus jeb gruntsūdeņus. Taču retumis var atrast arī vārdu salikumu “*shallow groundwater*”, kas tiešā tulkojumā nozīmē - “seklie pazemes ūdeņi” (Gupta, 2010). Arī šis vārdu salikums apzīmē gruntsūdeni; pie tam, kaut arī tas nav korekts, reizēm latviešu valodā tiek pielietots.

Šajā maģistra darbā izmantotais vārdu savienojums “pazemes ūdeņi” apzīmē visus pazemes ūdens horizontus un to resursus, savukārt termins “gruntsūdeņi” apzīmē pirmo pastāvīgo pazemes ūdeņu horizontu, kam Latvijas teritorijā ir raksturīgi bezspiediena apstākļi.

Līdz šim Latvijas teritorijā ir veikti tikai daži zinātniski pētījumi saistībā ar gruntsūdens līmeņiem (turpmāk tekstā saīsināti GŪL) un to sezonālām svārstībām (Zīverts & Jauja, 1993, Vircavs, 2009). Pārsvārā zinātniskie gruntsūdeņu pētījumi skar to kvalitāti. Latvijas Lauksaimniecības universitātes paraugteritorijās veiktajos pētījumos (Vircavs, 2009) un Lietuvā (Rudzianskaite, 2010) ir izdevies pierādīt ciešu sasaisti starp GŪL sezonālām svārstībām un to kvalitāti. Runājot par gruntsūdeņu pētījumiem, ir jāpiemin veiktie pazemes ūdeņu aizsargātības pētījumi (Dēliņa, 2004), tāpat arī veiktā Latvijas kvartārsegas ūdeņu reģionālo atšķirību izpēte (Dēliņa, 2005a), kā arī apzinātā vēsturiskā pazemes ūdeņu izpētes gaita (Dēliņa, 2005b). Savukārt laika gaitā ir uzkrāta apjomīga informācija jau kopš pagājušā gadsimta 50-tajiem gadiem. Pazemes ūdeņu pamatmonitoringu, kura ietvaros ir veikti sezonāli līmeņu un kvalitātes novērojumi, ir veicis Valsts Ģeoloģijas dienests (VĢD), kas 2009. gadā iekļauts zem Latvijas Valsts Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centra (turpmāk tekstā LVĢMC). Iegūtā informācija ir analizēta un atskaites (līdz 2007. gadam) ir pieejamas Valsts Ģeoloģijas fondā. Atskaitēs tiek aplūkotas pazemes ūdeņu un ar to saistīto faktoru katra gada raksturīgas īpašības, piemēram, pazemes ūdeņu resursu izmaiņas attiecībā pret nokrišņu gada summu. 1998. gadā ir izdota grāmata “Latvijas Pazemes ūdeņu resursi” (Levina *et al*, 1998), kuras mērķis ir iepazīstināt lasītāju ar Latvijas hidroģeologu pētījumu rezultātiem. Šajā grāmatā ir apkopota vispārīga un aprakstoša informācija par Latvijas hidroģeoloģiskajiem apstākļiem, pazemes ūdeņu resursu un ķīmiskā sastāva veidošanās likumsakarībām, kā arī par antropogēno ietekmi uz pazemes ūdeņu resursiem.

Minētās grāmatas (Levina *et al*, 1998) autori gruntsūdeņus raksturo kā “bezspiediena

pazemes ūdeņus, kas atrodas aktīvās ūdens apmaiņas hidroģeoloģiskajā zonā, kvartāra ūdens kompleksā. Vairumā gadījumu to līmeņu dziļums nepārsniedz 1-3 metrus, pie tam tas pieaug tikai augstienēs. Kvartāra nogulumu segā pēc tās izcelsmes izdala atšķirīgus gruntsūdens horizontus, piemēram, jūras, aluviālo, limnoglaciālo, un citus. Šie horizonti savā starpā ir saistīti, un tie veido vienotu kvartāra ūdens kompleksu. Kvartāra augšējo, smilšaino nogulumu pamatnē parasti atrodas ūdeni vāji caurlaidīgi morēnas smilšmāli un mālsmiltis, dažos iecirkņos arī limnoglaciālie māli un aleirīti, kas atdala kvartāra un pirmskvartāra nogulumu ūdens kompleksus. Atsevišķos iecirkņos šī sprostsļāņa nav un gruntsūdeņi ir hidrauliski saistīti ar artēziskiem ūdeņiem.” Citātā minētie un arī augšpleistocēna un holocēna aluviālie nogulumi, augšpleistocēna glaciolimniskie un glaciofluviālie nogulumi ir gruntsūdeņiem raksturīgākie nogulumi. Taču arī dziļāk iegulošie kvartāra nogulumu ūdens horizonti, kam vietām raksturīgi spiediena ūdeņu hidroģeoloģiskie apstākļi, piemēram, Baltijas jūras baseina dažādu attīstības stadiju nogulumos un pleistocēna morēnu nogulumos sporādiski izplatītais ūdens horizonts ir raksturojams kā gruntsūdeņi. Visos iepriekšminētajos nogulumos var izdalīt piesātināto un nepiesātināto jeb aerācijas zonas.

Iepriekš citētās grāmatas autori norāda, ka, tā kā kvartāra smilšaino nogulumu biezums nepārsniedz 5 līdz 10 metrus, tad gruntsūdens resursi kopumā ir nelieli. Ievērojamākie resursi ir Rīgas un Daugavpils rajonos, kur smilšu slāņa biezums pieaug līdz pat 30–50 metriem.

Tomēr, lai arī ir uzkrāts ievērojams daudzums dažādas informācijas par pazemes ūdeņiem, to apkopojot, tiek secināts, ka šīs informācijas vērtība nav ļoti augsta, it sevišķi informācija par ūdeņu ķīmisko sastāvu (Dēliņa, 2005). Ir tikušas izmantotas atšķirīgas metodes, trūkst mērījumu punktu precīza piesaiste, ir ievērojams laika izrūkums starp veiktajiem mērījumiem, kā arī ir mainījušies vides apstākļi. Autore arī uzsver jaunu pazemes ūdeņu pētījumu metožu meklēšanu un ieviešanu, jo uzkrājot faktus un papildinot esošos mērījumus nav iespējams iegūt jaunas zināšanas. Starp līdz šim veiktajiem pazemes ūdeņu pētījumiem maģistra darba autoram nav izdevies atrast nevienu pētījumu, kurš skartu pazemes ūdens līmeņus un to temporālās izmaiņas ģeneralizētā līmenī visā Latvijas teritorijā. Līdz ar to šajā darbā izmantoto metožu pielietojums GŪL un to svārstību pētījumos ir uzskatāms par novitāti.

1.2 Ūdens veidi iežos

Lai saprastu pazemes ūdeņu dabu, ir vērtīgi iepazīties ar tā iežos dažādo pastāvēšanas veidu fizikālajām īpašībām un atšķirībām, tādējādi paplašinot zināšanas, kas var noderēt pazemes ūdeņu dinamisko procesu interpretēšanā.

Ūdens iežos, atkarībā no tā, cik cieši tas saistīts ar iežu cieto fāzi, var atrasties dažādos

veidos. Tas var būt kā kristalizācijas ūdens, kur ūdens molekula ir ķīmiski saistīta ar minerālu, to iekļaujot minerālu kristālrežģī; šāda veida ūdeni no iežiem var atdalīt, to stipri karsējot. Visbiežāk šādi minerāli ir dažādi sāļi, piemēram, mirabilīts jeb nātrija sulfāts dekahidrāta formā (Hill, 1979). Ledus sastopams grunts vai iežu porās, ja to temperatūra ir zemāka par 0°C. Pie tam atšķirīgos iežos tas veido dažādus agregātus, piemēram, smiltsiežos – mikrokristālus. Šādu situāciju Latvijas teritorijā var novērot aukstajos ziemas mēnešos, savukārt mūžīgā sasaluma apgabalos ledus zemes virskārtā esošajos iežos atrodams jebkurā laikā. Tvaikveida ūdens ir pastāvīgi sastopams no ūdens brīvo iežu poru gaisā. Tas veidojas iežos esošā ūdens iztvaikošanas rezultātā vai arī nokļūst no atmosfēras. Tvaikveida ūdens iežos pārvietojas no vietām ar lielāku tvaika spiedienu uz vietām ar mazāku tvaika spiedienu jeb mitrumu, pie tam pārvietošanās notiek kopā ar gaisa plūsmām. Ja pazeminās temperatūra, tad tvaiks kļūst piesātināts un notiek tvaiku kondensācija. To visbiežāk var novērot naktīs un ziemā, grunts virsējiem slāņiem strauji atdziestot. Higroskopiskais ūdens veido ļoti plānu, vairāku molekulu biezu ūdens slānīti ap grunts daļiņām, kuru pie tām notur adhēzīvie spēki. Plēvīšu ūdens, līdzīgi kā higroskopiskais ūdens, arī atrodas uz cieta iežu daļiņu virsmas, taču to notur vājāki molekulārie spēki; tas veido biezāku slānīti – plēvīti (Raghunath, 2007). Kapilārais ūdens tiek gruntī noturēts ar kapilāro spēku palīdzību. Šāda veida ūdens aizpilda visas kapilārās poras GŪL tuvumā, izveidojot kapilāro joslu, un tas pārvietojas grunts kapilārajās porās virsmas spraiguma spēku ietekmē (Gavich, 2009). Gravitācijas ūdens, kas brīvi pārvietojas gravitācijas spēka ietekmē šī spēka virzienā, veido gruntsūdens horizontu. Literatūrā latviešu valodā kapilāro un gravitācijas ūdeni, atšķirībā no iepriekšminētajiem pazemes ūdens veidiem, apzīmē kā brīvo ūdeni, kuru kustību būtiski neietekmē molekulārie adhēzijas, adsorbcijas un absorbcijas spēki (Zīverts, 2001).

Iepazīstoties ar iespējamajiem ūdens veidiem iežos un gruntī, var secināt, ka jebkuros iežos pastāv iespēja atrast ūdeni. Grunti var iedalīt divās zonās – ar ūdeni piesātinātā un nepiesātinātā zonā. Piesātinātajā zonā, atšķirībā no nepiesātinātās zonas, visas poras un plaisas ir piepildītas ar ūdeni. Savukārt nepiesātinātajā zonā atsevišķi var izdalīt kapilāro jeb gruntsūdens kapilārās pacelšanās zonu.

1.3 Gruntsūdens bilance

Iepazīstot gruntī sastopamos ūdens veidus un to īpašības, vajadzētu nonākt pie secinājuma, ka daļa no gruntī un iežos esošā ūdens – brīvais ūdens - atrodas nepārtrauktā kustībā. Tas, savukārt, liek secināt, ka ir jābūt metodēm, kas ļauj novērtēt pazemes ūdens daudzumu un temporāli jeb no laika atvasinātos lielumus – filtrācijas ātrumu, caurplūdumu, un dažādas citas šīs temporālas īpašības.

Ūdens bilance globālā mērogā ir noslēgta; tā ir slēgta sistēma. Ūdens bilances pamatkonceptija pieņem, ka no sistēmas izejošais ūdens daudzums, kas atņemts no sistēmas ienākošā ūdens daudzuma ir vienāds ar ūdens daudzuma izmaiņām. Lai veiktu ūdens bilances aprēķinus, ir nepieciešams saprast, kādas komponentes to veido. Apzinoties šīs komponentes, tās ir nepieciešams nomērīt, klasificēt un ietērt ūdens bilances vienādojumā. Ūdens bilanci saturošās komponentes var būt vienkāršas, bet tajā pat laikā tās sevī var ietvert smalkākus primitīvus. Atkarībā no atšķirīgajiem pētījumu koncepcijas, izšķirtspējas, mērķa un uzdevumiem, tiek veidoti sarežģītāki vai vienkāršāki ūdens bilances vienādojumi, kuri globāli ietver iepriekš definēto slēgtās sistēmas vienādojumu. Lai veiktu korektu gruntsūdens bilances aprēķinu, visiem komponentu mērījumiem ir jābūt savstarpēji neatkarīgi iegūtiem. Tā piemēram, C. P. Kumar no Indijas nacionālā hidroloģijas institūta (Kumar, 1996) pazemes ūdeņu bilanci raksturo pēc izteiksmes 1:

$$Rr + Rc + Ri + Rt + Si + Ig = Et + Tp + Se + Og + S, \quad (1)$$

kur Rr ir ūdens daudzums no nokrišņiem, kas baro pazemes ūdeņus, Rc ir infiltrācija no mākslīgi veidotiem kanāliem cauri to sienām, Ri – ūdens daudzums, kas nokļūst līdz gruntsūdeņiem veicot mākslīgo apūdeņošanu, Rt – notece no mākslīgām ūdenstilpnēm, tajā skaitā arī no dažādām tvertnēm, Ig – pieplūde no citiem ūdens baseiniem. Et – raksturo evapotranspirāciju no pazemes ūdeņiem, Tp – izsūknētais pazemes ūdeņu daudzums, Se – pazemes ūdeņu efluentā notece uz upēm, Og – noplūde uz citiem baseiniem un S – pazemes ūdens daudzuma izmaiņas. Protams, atkarībā no izvēlētajās pētījuma vietas, kādi no ūdens bilanci esošajiem parametriem var būt vienādi ar nulli. Visbiežāk tie var būt antropogēnu darbību raksturojošie parametri. Ja teritorijā nav kanālu, nevar notikt pazemes ūdeņu papildināšanās no tiem.

Raksturojot gruntsūdens bilanci ar ūdens bilances vienādojumiem, ir lietderīgi atdalīt un rakstīt bilances vienādojumu aerācijas un gruntsūdens zonai atsevišķi, kā arī par aprēķinu dimensiju lielumiem izmantot bilanci laukumu vienībai (m^2) vienai diennaktij.

Kā jau nodaļā 1.3 tika minēts, Latvijas pazemes ūdeņu pētījumos (Zīverts, 2001) gruntsūdens horizontu iedala nepiesātinātajā zonā, kurā ūdens atrodas augsnes mitruma un kapilārā ūdens formā, un piesātinātajā zonā, kur atrodas grunts un pazemes ūdens, kas var atrasties vai nu saistītās porās un var brīvi plūst, vai nu atdalītās porās vai arī ķīmiski saistītā formā.

Gruntsūdens aprēķins aerācijas zonai ir attēlots izteiksmē 2:

$$V_b = V_s + P - ET + K + (R_{+v} - R_{-v}) + (R_{+p} - R_{-p}), \quad (2)$$

kur V_b un V_s ir ūdens apjoms aerācijas zonā laika perioda sākumā un beigās;

P - nokrišņi vai/un sniega kušana, ET – summārā iztvaikošana, K – ūdens kapilārā pacelšanās, R_{+v} un R_{-v} – virszemes ūdeņu pietece un notece apskatāmajai laukuma vienībai, R_{+p} un R_{-p} – tas pats

pazemes ūdeņiem aerācijas zonā.

Savukārt ūdens balance gruntsūdens horizontam ir attēlota izteiksmē 3

$$(R' + Q_{h,1} + Q_{v,1}) - (K + Q_{h,2} + Q_{v,2}) = \mu \Delta H, \quad (3)$$

$Q_{h,1}$ un $Q_{v,1}$ – gruntsūdens pieteces horizontālā un vertikālā komponente, $Q_{h,2}$ un $Q_{v,2}$ – gruntsūdens noteces horizontālā un vertikālā komponente, μ – ūdens atdeves koeficients, ΔH – GŪL izmaiņas, ΔV ir vienāda ar $\mu \Delta H$ un tā ir gruntsūdens apjoma izmaiņas.

Latvijā parasti novērojams klimatiskais pazemes ūdeņu režīms (Levina *et al*, 1998), taču pastāv arī hidroloģiskais pazemes ūdeņu režīms un mākslīgais pazemes ūdeņu režīms. Klimatiskajā pazemes ūdeņu režīmā ūdens balances vienādojumā noteicoša ir klimatisko faktoru loma. Sezonālajām klimatiskajām pazemes ūdeņu svārstībām Latvijā raksturīga līmeņa paaugstināšanās pavasarī un rudenī, bet pazemināšanās ziemā un vasarā. Ilggadīgas GŪL svārstības izpaužas kā vairākus gadus pēc kārtas, pastāvot relatīvi sausiem gadiem, GŪL un pjezometriskiem līmeņiem ir tendence pazemināties, savukārt, ja vairāki, pēc kārtas esoši, gadi ir relatīvi slapji, tad arī parādīsies līmeņu celšanās tendence. Mākslīgajā pazemes ūdeņu režīmā lomu nosaka ūdens patēriņš, savukārt hidroloģiskajā pazemes ūdeņu režīmā pazemes ūdeņu horizonts ir ciešā saistībā ar virszemes ūdeņiem. Procesi virszemes ūdenskrātuvēs un upēs nosaka pazemes ūdeņu horizonta režīmu.

Lai veiktu pazemes ūdeņu režīma izpēti, tiek ierīkotas skataciņas ar caurlaidīgām sienām, kurās iespējams novērot GŪL, un pjezometri necaurlaidīgu cauruļu veidā ar caurlaidīgu filtru to apakšējā daļā, kas uzrāda pjezometriskā spiediena līmeni. Lauksaimniecībā urbumus - skataciņas izmanto GŪL novērošanai drenētos laukos, bet pjezometrus – dziļo gruntsūdens un spiediena ūdeņu režīma izpētei (Zīverts, 2001). Pašreizējos GŪL pētījumos (Vircavs *et al*, 2007, Vircavs *et al*, 2009, Vircavs *et al*, 2010) tiek pielietoti elektroniski GŪL pašrakstītāji jeb logeri, kas veic mērījumus ar izvēlētu vienas stundas ilgu laika soli. Tādējādi tiek saglabāti reālie novērotie ikdienas GŪL. Tos iespējams nolasīt, izmantojot datoru un speciālu programmatūru. Šīm iekārtām ir sensors, kurš mēra ūdens staba radīto spiedienu. Tas, savukārt, tiek pārrēķināts uz ūdens staba augstumu (Vircavs, 2007).

1.4 Gruntsūdens papildināšanās un režīmi

Līdz pat antropogēnās darbības sākumam gruntsūdens režīmu vienmēr ir noteikuši dabiskie faktori. Attīstoties lauksaimniecības kopienām, vēstures hronikās un arheoloģiskos izrakumos ir atrodamas apūdeņošanas, nosusināšanas un dambju sistēmu liecības, kas ļauj spriest par cilvēka ietekmi uz gruntsūdens režīmu izmaiņām, lai būtu iespējams veikt efektīvu saimniecisko darbību (Leeuwis-Tolboom, 2002). Taču šādas izmaiņas var radīt dažādus riskus, ko ir iespējams novērtēt ar

ģeogrāfijas informācijas sistēmu (GIS) rīkiem (Duchan *et al.*, 2008). Piemēram, nekorekta apūdeņošana piekrastes teritorijās var radīt grunts sasāļošanos, jo, piekrastes teritorijās, pazeminot GŪL zem jūras līmeņa, jūras ūdens iespiežas gruntī un iežos (Salama *et al.*, 1999, Rana & Khan, 2010). Savukārt K. Vanaga pētījumi parāda, ka pēc GŪL pazemināšanas nosusinātajos meža teritoriju augsnes virsējos horizontos spilgtāk izpaužas ūdens vertikālā kustība un horizonti sāk pakāpeniski izskaloties (Баһагс, 1956).

Pasaules vēstures gaitā ļoti bieži vērojamas pārmitru teritoriju pārvēršana apdzīvotās vietās, savā veidā zemes iekarošana, to nosusinot. Rīgā viena no pēdējām skanošākajām, spilgtākajām un tipiskākajām šādu izmaiņu vietām ir Purvciems, kurā kādreiz atradies Hausmaņa purvs. Tikai 1930. gadā šai teritorijai veica nosusināšanas grāvju izveidi, un līdz pat 1969. gadam šī teritorija saglabāja dārzniecības raksturu. Līdz 1964. gadam šīs teritorijas grunts apstākļi likās nepiemēroti apdzīvojamu masīvu būvniecībā, taču 1965. gadā Rīgas pilsētas ģenerālplāna birojā tika izstrādāts rajona izbūves detālplānojums (Krastiņš J. *et al.*, 1998). Intensīvās Purvciema apbūves rezultātā šodien palūkojoties uz šo Rīgas mikrorajonu grūti iedomāties, ka kādreiz šī teritorija ir bijusi purvs.

Kā jau tika minēts nodaļā 1.3, Latvijā kā galvenais gruntsūdens papildināšanās avots tiek izdalīti nokrišņi, jo ir novērojams klimatiskais pazemes ūdeņu režīms. Daļa no nokrišņiem, kas nolīst līdz zemes virsmai, infitrējas augsnē. Savukārt daļa no infitrētajiem nokrišņiem tiek izmantota augsnes mitruma deficīta aizpildīšanai, taču pārējais nokrišņu daudzums iesūcas dziļākajos slāņos, tādējādi sasniedzot gruntsūdens virsmu un papildinot gruntsūdens horizontu. Gruntsūdens papildināšanās daudzums un intensitāte ir atkarīgi no hidrometeoroloģiskajiem un topogrāfiskajiem faktoriem, GŪL ieguluma dziļuma, augsnes īpašībām, aerācijas zonas biezuma, tās veidojošo nogulumu filtrācijas īpašībām un litoloģiskā sastāva, atmosfēras nokrišņu apjoma, virszemes noteces, melioratīvām un citām inženiertehniskām GŪL ietekmējošām būvēm (Sophocleous, 2004). Balstoties uz GŪL daudzgadīgo svārstību amplitūdu analīzi pazemes ūdeņu monitoringa stacijās kopumā, ir aprēķināts, ka Latvijā vidēji gruntsūdeņos infitrējas 2-47% no gada nokrišņu daudzuma (Levina *et al.*, 1998). Tomēr atšķirīgiem reģioniem ir izdalītas atšķirīgas gruntsūdens papildināšanās novērtēšanas metodes, kas ietver sevī reģionālās īpatnības, gruntsūdens noteikšanas klasifikācijas normas, ūdens bilances aprēķina paņēmienus, augsnes mitruma noteikšanas metodes. Tā piemēram, Indijā ir izdalītas šādas empīriskās metodes: *Chaturvedi*, *Armitstar* un *Krishna Rao* metodes, kas ir matemātiski vienkāršas, un katra nākamā ir atvasināta no iepriekšējās. Gruntsūdens infitrācijas spēju var izdalīt teritoriju klasificējot pēc to nogulumiem un tās raksturojošās ģeoloģijas. Rezultātā tiek iegūtas kartes, kurās attēlotas katrai teritorijai attiecīgās procentuālās vērtības. Tās raksturo no nokrišņiem infitrējošos ūdens daudzumu, kas papildina gruntsūdens horizontu (Kumar, 1996).

GŪL svārstās nepārtraukti. Ir periodi, kad GŪL paaugstinās, un periodi, kad tas pazeminās vai ir praktiski nemainīgs. Šīs svārstības apzīmē ar terminu “GŪL režīms”. Tas ir atkarīgs no pazemes ūdeņu bilances, kas sevī ietver atšķirības starp ūdens pienākošo un aizvadīto daļu kādā konkrētā teritorijā un laikā.

Lai arī globāli visā Latvijas teritorijā kā galveno gruntsūdeņu papildināšanās avotu var uzskatīt nokrišņus, taču lokāli var pastāvēt teritorijas, kur gruntsūdeņu papildināšanos galvenokārt nosaka citi faktori. Apzinoties un izdalot katra papildināšanās faktora doto ieguldījumu, var noteikt konkrētās teritorijas nosusināšanas metodes un paņēmienus. Latvijā veiktajos pētījumos tiek izdalīti atmosfēras ūdeņu, gruntsūdens, spiediena ūdeņu un uzplūstošo ūdeņu pieplūdes tipi, pie tam katrs no šiem ūdens papildināšanās tipiem veido tam īpatnēju augsnes mitruma režīmu.

- 1 Atmosfēras ūdeņu pieplūdes tips izsauc augsnes samitrināšanos visās platībās, bet kā dominējošais mitruma avots tas galvenokārt ir platībās, kas atrodas ūdensšķirtnēs un nogāžu augšdaļā. Šādās teritorijās reljefs ir līdzens, ar nelieliem slīpumiem un lokālām ieplakām. Gruntsūdens atrodas dziļi un praktiski nepiedalās augsnes pārmitrināšanā. Periodisks pārmitrinājums rodas, nolīstot ilgstošam vai intensīvam lietum, kā arī kūstot sniegam. Ūdens sakrājas reljefa pazeminājumos.
- 2 Gruntsūdeņu pieplūdes tipam raksturīgi sekli gruntsūdeņi, kuri veidojas labi caurlaidīgos un dažāda biezuma grunts slāņos. Gruntsūdeņu režīms nosusināmā platībā ir atkarīgs no ūdens horizonta filtrācijas spējām, grunts slāņu sakārtojuma, sateces baseina un hidrauliskā spiediena. Gruntsūdeņu pieplūdes tipam atkarībā no veidošanās rakstura izšķir trīs apakštipus:
 - 2.1 Gruntsūdeņu plūsma smaguma spēka ietekmē pārvietojas no augstākām vietām uz zemākām. Pārmitrās platības veidojas reljefa zemākajās vietās. Gruntsūdeņu noplūdes apgabals ir ievērojami lielāks nekā pārmitrā platība. Šādās platībās bieži veidojas zemie purvi, kur saimnieciski lietderīga ir šo teritoriju lauksaimnieciskā izmantošana.
 - 2.2 Gruntsūdeņu baseins, kas veidojas pie noteiktas ūdens aiztures slāņa formas. Gruntsūdeņi galvenokārt papildinās ar nokrišņiem. Sakarā ar pastāvīgi augsto GŪL bieži veidojas zemie purvi.
 - 2.3 Filtrācijas ūdeņu pieplūde no upēm un ezeriem var būt par pārmitrinājuma cēloni pie nelielām atzīmju starpībām starp platības virsmu un ūdens līmeni ūdenstilpnēs.
- 3 Spiediena ūdeņu tipam ūdens horizonts atrodas starp diviem ūdeņi necaurlaidīgiem vai mazcaurlaidīgiem slāņiem. Pazemes ūdeņi atrodas zem spiediena sakarā ar ģeodēziskā augstuma starpību tā formēšanās un atslogošanās vietās. Nogāžu lejasdaļā, ielejās, ieplakās un upju un ezeru palienēs parasti veidojas pārpurvotas augsnes. Izšķir divus spiedienūdens

pieplūdes apakštipus

3.1 Augšup izplūstoša brīva spiediena plūsma. Šajā gadījumā ūdens izplūst virspusē pa izskalojumu vietām vai spraugām mazcaurlaidīgajā virsējā aizturslānī. Parasti šādas vietas pārpurvojas vai arī izveidojas ūdenstilpnes.

3.2 Spiedienūdeņi atrodas zem plāna mazcaurlaidīgas grunts slāņa un piesātina to ar ūdeni zem hidrauliskā spiediena.

Saskaņā ar P. Zālīša (Залитис, 1983) pētījumiem, gruntsūdens papildināšanās ar pazemes ūdeņiem nenotiek nepārtraukti, ja:

- a) nokrišņiem infiltrējoties, augsnes GŪL papildinās vairāk par 3 mm diennaktī, tad ūdens plūsma notiek uz leju, un ekosistēma pārtiek no nokrišņu ūdens;
 - b) augsnes GŪL atrodas dziļāk par 1 m, tad gruntsūdens papildināšanās ar pazemes ūdeņiem vairs neietekmē meža ekosistēmu (mežaudze šajā gadījumā pārtiek vai nu no nokrišņiem, vai mitruma rezervēm, kas uzkrātas augsnē)
- 4 Uzplūstošo ūdeņu pieplūdes tipu raksturo divi apakštipi: virszemes noteces ūdens no augstāk novietotām platībām (deluviālie) un plūdu ūdens (aluviālie). Deluviālo ūdeņu pieplūde izsauc augšņu pārmitrinājumu nogāžu lejasdaļā, ieplakās, ielejās un palienēs. Augsnes pārmitrinājums atkarībā no pietekošo ūdens daudzuma un platības reljefa var būt periodisks vai pastāvīgs (Sauka *et al*, 1987).

Pēc meliorācijas sistēmu iebūves atsevišķu grunts masīvu ūdens balance ievērojami izmainās, kas ir jāņem vērā veicot GŪL un noteču modelēšanu.

Gruntsūdens papildināšanos ar nokrišņiem var mērīt *in situ*, izmantojot speciālas iekārtas – lizimetrus, kas ļauj noteikt ūdens daudzumu, kas izsūcas cauri augsnes slānim. Pie tam, zinot nokrišņu apjomu un GŪL svārstības, var aprēķināt laika aizturi, kas nepieciešama nokrišņiem sasniegt gruntsūdens horizontu, izmantojot kroskorelācijas metodi. Šī metode balstās uz labākā korelācijas koeficienta atrašanu starp divām datu rindām. Datu rindas tiek nobīdītas laikā attiecībā viena pret otru, un atrasti korelācijas koeficienti. Augstākais korelācijas koeficients pret doto datu rindu nobīdi raksturo temporālo jeb laika aizturi, kas arīdza raksturo divu saistīto procesu temporālās atšķirības (Houston, 1983).

1.5 Filtrācijas plūsmas un to aprēķini

Pazemes ūdens plūsmu raksturošanai tiek pielietots Darsī vienādojums. Filtrācijas ātrums ir vienāds ar izplūstošo ūdens caurplūdumu uz doto laukumu jeb ūdens tilpumu caur doto laukumu vienā laika vienībā ($m^3/s/m^2 = m/s$). Tas ir saistīts ar ūdens līmeņu un attāluma starpībām jeb gradientu I (izteiksme 4). Izmantojot Darsī likumu, viegli var veikt pazemes ūdens plūsmu

aprēķinus artēziskos pazemes ūdens horizontos ar konstantu slāņu biezumiem, taču process ir sarežģītāks, ja slāņi nav homogēni visos to parametros. Vispārīgā gadījumā pazemes ūdens plūsmas ir trīsdimensionālas. Homogēnā gruntī filtrācijas koeficients visos punktos ir vienāds, nehomogēnā – katrā punktā tas būs atšķirīgs. Izotropa grunts ir tāda grunts, kurai katrā punktā visos virzienos filtrācijas koeficients ir vienāds, bet anizotropai gruntij filtrācijas koeficienti dažādos virzienos ir atšķirīgi. Šāda parādība ir tipiska slāņainām gruntīm, jo atšķirīgos virzienos ir atšķirīgs grunts sastāvs.

Darsī likums ir pielietojams gan lieliem, gan maziem gradientiem, tas ir atrasts no novērojumiem un pieredzes jeb empīrisks. Tas ir arī liels, salīdzinot ar poru skalū, jeb makroskopisks.

$$I = \frac{\Delta H}{L}, \quad (4)$$

kur H ir kopējais spiediena augstums, I – gruntsūdens plūsmas gradients jeb slīpums ar pretēju zīmi, L – attālums. Filtrācijas ātrums nesakrīt ar ātrumu, ar kādu ūdens pārvietojas caur porām, jo vidējais ūdens plūsmas ātrums porās ir filtrācijas ātruma attiecība pret porainību.

Filtrācijas koeficients tiek raksturots ātruma dimensijā (m/s), un tajā ietilpst gan poraino vidi, gan šķidrumu raksturojošās komponentes. 1956. gadā Huberts (Hubbert, 1956) noskaidroja, ka K ir proporcionāls šķidruma blīvumam (ρ_w), apgriezti proporcionāls šķidruma viskozitātei (μ) un proporcionāls vidējam daļiņas izmēram (d) kvadrātā. k ir koeficients, kas raksturo tikai vidi – tā ir vides caurlaidība un tā mērvienība ir garums kvadrātā. Filtrācijas koeficients ir pazemes ūdens plūsmas ātrums, ja plūsmas gradients ir vienāds ar I (Robbins, 2009).

Porainība ir viens no galvenajiem pazemes ūdens horizontu raksturojumiem. Tā ir tieši saistīta ar pazemes plūsmas ātrumu. Grunts porainība ir procentos izteikta poru tilpuma attiecība pret grunts parauga kopējo tilpumu. Tā ir saistīta ar relatīvo ūdens daudzumu, kas ir tilpuma daļa, ko materiālā aizpilda ūdens. Pilnīgi piesātinātā gruntī relatīvais ūdens daudzums ir vienāds ar porainību, taču kopējā porainība neraksturo vides spēju vadīt ūdeni, jo atkarībā no grunts sastāva poras var būt arī nesaistītas. Porainība var būt atkarīga no granulometriskā sastāva, grunts dispersitātes pakāpes, daļiņu formas, viendabīguma pakāpes un minerālu sastāva. Smiltīs, palielinoties porainības koeficientam un mālīežos poru izmēriem, palielinās ūdens caurlaidība, taču līdz ar to vienlaikus palielinās grunts saspiežamība.

Caurleidība ir parametrs, kas raksturo vides spēju vadīt ūdeni, kā arī poru savienojamību. Tipiski labi ūdeni nesošie horizonti ir ar augstu porainību un augstu caurlaidību – smilts grants, oļi, smilšakmens, plaisainas klintis, bazalts. Savukārt slāņi, kuriem šie parametri ir zemi vai tuvojas nullei, ir sprosts slāņi. Tipiski tādi ir granīts, māls, smilšmāls.

Materiāla jeb grunts īpatnējais ūdensatdeves koeficients raksturo ūdens horizonta spēju atbrīvoties no ūdens attiecībā pret ūdens līmeņa krišanos. Tā piemēram, ja materiāls ar augstu īpatnējo ūdensatdeves koeficientu (piemēram, māls), nebūs pilnībā piesūcināts ar ūdeni, nespēs atdot ūdeni tālāk nākošajam zem tā esošajam slānim. Tas ūdeni atdos tālāk tikai tad, kad būs pilnībā piesūcināts ar ūdeni. Savukārt materiāls ar zemu īpatnējo ūdensatdevi (grants, smiltis), nespēj noturēt ūdeni, un tas ātri vien nokļūst zemāk esošajos slāņos (Harter, 2008).

Stacionāra pazemes ūdens plūsma ir tāda plūsma, kas laikā nemainās, savukārt nestacionāra plūsma laikā mainās. Pazemes ūdens plūsma notiek saskaņā ar Darsī likumu, un plūsmas diferenciālvienādojumus var iegūt no Darsī likuma un ūdens balances vienādojumiem, kas uzrakstīti bezgalīgi mazam plūsmas elementam. Vispārīgā gadījumā pazemes ūdens plūsmu aprakstīšanai ievieš ātruma potenciāla jēdzienu ϕ , ko ar filtrācijas koeficientu saista šāda sakarība (izteiksme 5):

$$\phi = -KH, \quad (5)$$

Kur K – filtrācijas koeficients un H – hidrostatiskā spiediena augstums (Robbins, 2009).

1.6 Nosusināšanas sistēmas un to radītie riski

GŪL svārstības ir atkarīgas no nokrišņu intensitātes, virszemes un drenu noteces, kā arī infiltrācijas apjoma. Pastāv regulējoši jeb detālās nosusināšanas tīkli, kas uzņem un novada liekos ūdeņus, regulē gaisa, siltuma, mitruma režīmus, norobežotājtīkli jeb hidroloģiskie norobežotāji, kas uztver, aiztur vai regulē virszemes ūdeņu un gruntsūdens, kā arī spiedienūdens pieplūdi nosusināmai platībai; tie ir kā robežnosacījumi, novadtīkls uzņem ūdeņus no regulējošā tīkla un norobežotājtīkla. Tas uztver arī virszemes noteci un pieplūstošos gruntsūdeņus un novada tos uz promteku. Promteka uzņem sistēmas ūdeņus no novadtīkla; tā var būt dabiska ūdenstece, ūdenstilpne vai ūdenskrātuve.

GŪL pazemināšana ar regulējošo tīklu veic ar drenu sistēmām. Drenās ūdens ieplūst pa visu apslāpināto zemūdens perimetru, pie tam galvenokārt tieši no apakšas. Gruntsūdens plūsmas spiediena gradients ir vienīgais spēks, kas ierosina ūdens plūsmu nosusinātāja virzienā. Vides pretestības pārvarēšanai gruntsūdens plūsmai jāpatērē zināms pjezometriskais spiediens. Tāpēc GŪL virsma nosusinātāja tiešā tuvumā ir zemāka, bet, attālinoties no tā, - augstāka un griezumā starp divām drenām veido izliektu līniju jeb depresijas līkni. Tās forma un stāvoklis laikā ir mainīgi un atkarīgi no nosusināmā slāņa grunts fizikālajām īpašībām, viendabīguma, sakārtas, gruntsūdens pieplūdes veida, līmeņa celšanās vai pazemināšanās fāzes, zemes virsmas slīpuma un citiem apstākļiem. Drenētos laukos, salīdzinot ar nedrenētajiem, GŪL svārstības notiek dziļākos augšņu slāņos. Drenāža ietekmē GŪL režīmu galvenokārt neveģetācijas periodā. Jo augstāks GŪL, jo ātrākā laika posmā piesārņojums infiltrācijas procesā var nonākt gruntsūdens horizontā (Sauka,

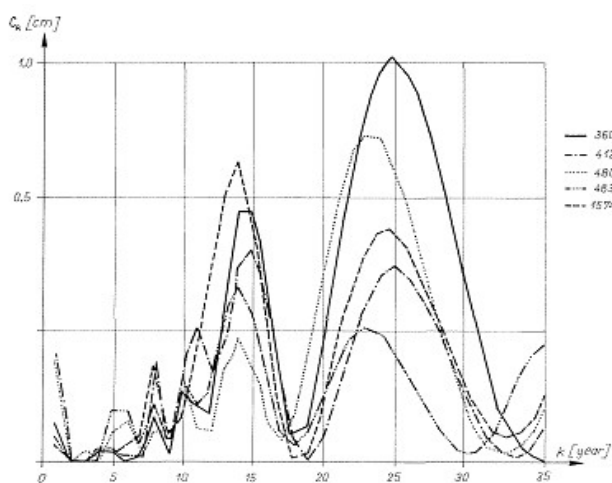
1987).

GŪL pazemināšana veicina intensīvāku pazemes ūdeņu izķīlēšanos, jo tiek samazināts gruntsūdens hidrostatiskais spiediens, tādējādi atļaujot pazemes ūdeņiem intensīvāk papildināt gruntsūdens horizontu (Залитис, 1983).

Izmainoties gruntsūdens režīmam, var tikt izmainīta grunts stabilitāte. Dabiskajos apstākļos visintensīvākie sufozijas procesi un parādības novērojamas stāvās nogāzēs upju un jūru krastos, kur iežu daļiņu izskalošanu veicina ar pazemes ūdens līmeni saistītā virszemes ūdens baseina līmeņa svārstības, piemēram, palu līmeņa celšanās un krišanās upē. Palu līmenim upē strauji pazeminoties, GŪL piekrastes nogāzes iežos krītas daudz lēnāk, tādēļ pazemes ūdens plūsmai upes virzienā ir liels hidrauliskais gradients un ātrums, bet plūsmas izskalošanās sākās iežu daļiņas var brīvi tikt ienestas upē. Grunšu nosusināšanas rezultātā izzūd pazemes ūdeņu radītais atslogošanas efekts, dabiskais spiediens grunts masīvā palielinās, un notiek iežu sablīvēšanās. Savukārt ilgstoši atsūkņējot pazemes ūdeņus, gruntsūdens horizontā izveidojas depresijas piltuves ar vairāku desmitu lielu līmeņa pazeminājumu centrā (Zume, 2007).

1.7 GŪL modelēšana

Lai veiktu GŪL modelēšanu, ir nepieciešams saprast, kāda veida informācija un modeļi var tikt izmantoti vēlamā procesa izpildei. Modelējot kādu atsevišķu ūdens bilances cikla daļu, paliek nenoslēgtas bilances komponentes, kuras jāaizstāj ar robežnosacījumiem. Skaitlisku ikdienas rezultātu ieguvei var pielietot aprēķinus, kuri veidoti kā katras dienas ūdens bilances aprēķini pēc katras dienas dotajiem meteoroloģiskajiem datiem. Šāda veida informāciju ar definētu laika soli sauc par laika rindām. Un bieži vien modelēšanai nepieciešamā ievades informācija, kā arī rezultāti ir informāciju saturošs datu masīvs, kur katrs masīva elements reprezentē ik pēc noteikta laika soļa esošo tā vērtību. Šādas informācijas masīva izpēti sauc par laika rindu analīzi. Matemātiski laika rinda sevī ietver vairākas komponentes - $T(t)$ ir tendenču jeb trendu komponente, $P(t)$ ir periodiskuma komponente, $AR(t)$ ir autoregresīvā



1.1. attēls. Spektrālā blīvuma funkcijas piecām datu rindām. Laika rindu Furjē pārveidojums, kas ļauj spriest par laika rindu periodiskuma komponenti. Pa X asi attēloti gadi, pa Y asi - stiprums. Attēlā var redzēt, ka ir izteikti 25 gadu, 13 gadu, 8 un 5 gadu cikli. Izmantoto informāciju un atsauces uz šo un pārējiem attēliem skatīt tam veltītā nodaļā darba beigās.

komponente un $e(t)$ ir nejaušības komponente. Tendenču un periodiskuma komponentes ir deterministiskas, savukārt autoregresīvā un nejaušības komponentes – stohaistiskas. Periodiskuma komponenti var aprakstīt ar Furjē pārveidojumiem un rindām, kas dod informāciju par notikumu biežumu (skatīt attēlu 1.1 iepriekšējā lapā). Tendenču komponente var būt gan lineāra, gan nelineāra, un to var noteikt ar mazāko kvadrātu metodi. Autoregresīvo un nejaušības komponentu aprakstīšanai var pielietot ARMA jeb autoregresīvās slīdošās vidējās vērtības modeļus (Kontur, 1982, Hartfield & Gunst, 2009).

Pasaulē plaši pazīstams modelis, kur laika rindas tiek izmantotas kā ievades dati, ir Zviedrijā izveidotais HBV modelis (Bergström, 1976, Bergström, 1995). Šis modelis galvenokārt ir paredzēts upju noteces un ūdens piesārņojuma noteikšanai, taču ar šo modeli ir iespējams noteikt tādas iekšējos mainīgos lielumus, kā piemēram, pazemes ūdens līmeņus (Seibert, 2000). Pēc līdzīga principa darbojas arī Latvijā profesora Anša Zīverta vadībā izveidotais modelis *Metul* un tā atvasinājums *Metq*, par kuriem atsevišķa nodaļa ir veltīta darba turpinājumā. Šādiem fizikāli matemātiskiem modeļiem bieži vien ir nepieciešami teritoriju raksturojoši parametri, kurus ir iespējams kalibrēt, tādējādi nodrošinot augstāko sakritību starp novērojumiem un aprēķinātajiem rezultātiem.

Izmantojot mašīnmācīšanās iespēju un mākslīgā intelekta neirālā tīkla algoritmus, ir iespējams atbrīvoties no kalibrācijas parametriem un to kalibrēšanas. Šādiem statistiskajiem mašīnmācīšanās modeļiem ir nepieciešami novērojumi to apmācībai un validācijai. Kā ievades dati atrodas tādā pašā mērījumu dimensijā kā vēlamie rezultāti – ja plāno iegūt mēneša vidējo vērtību kā rezultātu, tad arī dzināmie novērojumi apmācībai un validācijai tiek doti kā mēneša vidējās vērtības. Tāpat arī ievadei nepieciešamie meteoroloģiskie dati tiks doti kā mēneša vidējās vērtības. Atšķirībā no fizikāli matemātiskā modeļa, šāds statistiskais modelis papildus ūdens bilanci veidojošajiem elementiem atļauj citus, atšķirīgās dimensijās esošu faktoru mērījumus kā papildus ietekmējošos faktorus. Tā piemēram, GŪL fizikālā matemātiskā modelī tiek aprēķināts pie konstanta atmosfēras spiediena, taču patiesībā arī dzināms atmosfēras spiediens ietekmē GŪL. Līdzīgi arī Saules un Mēness novietojums attiecībā pret teritoriju ietekmē GŪL; tieši pēc tāda paša mehānisma, kā pasaules okeāna paisumi un bēgumi (Freeze & Cherry, 1979). Mašīnmācīšanās modelēšana pēdējos gados ir plaši pielietota visdažādākajās nozarēs, arī GŪL modelēšanā (Daliakopoulos *et al*, 2005, Sreekanth *et al*, 2010) un prognozēšanā (Peng *et al*, 2000).

1.7.1 GŪL modelēšana ar *Metul*

A.Zīverta izstrādātais fizikāli matemātiskais modelis *Metul* (Zīverts & Jauja, 1993) ir paredzēts GŪL ikdienas dziļumu aprēķināšanai un noteces komponentu (virszemes noteces, drenu noteces un dziļās pazemes noteces) aprēķināšanai atkarībā no diennakts nokrišņiem, gaisa vidējām temperatūrām un diennakts vidējiem gaisa mitruma deficītiem pēc uzdotiem augsnes hidrofizikālo īpašību raksturojumiem un augsnes drenāžas parametriem. Tas ļauj no ievadītajiem meteoroloģiskajiem datiem novērtēt augsnes un ūdensteču hidroloģiskos režīmus. Šis modelis ir pieskaitāms pie konceptuālajiem hidroloģiskajiem modeļiem, jo vairums parametru ir jānosaka, izmantojot kalibrēšanas procedūru. No šī modeļa tika atvasināts modelis *Metq* (Krams & Zīverts, 1999), kas ļauj no dotajiem meteoroloģiskajiem datiem aprēķināt upju noteci. Pie tam *Metq* modelim laika gaitā ir izstrādātas jaunākas versijas (*Metq96*, *Metq98*, *Metq2006* un *Metq2007BDOPT*). Pēdējam no *Metq* saimes modeļiem ir izveidota pusautomātiska kalibrācijas iespēja (Jansons *et al*, 2008). Savukārt pēdējam *Metul* modelim ir pieslēgti bezmaksas ĢIS rīki un autokalibrācija. Vienkāršota *Metul* versija ir pieejama arī *Microsoft Excel* vidē; šīs vides programmas kodu skatīt pielikumā 1.1. (Lauva *et al*, 2011). *Metul* un *Metq* modeļiem ir kopīgs ūdens bilances aprēķins aktīvajam augsnes slānim un gruntsūdens horizontam. Līdzīga arī dzan ir to principiālā shēma. *Metul* un *Metq* modeļi augsnes ūdens bilances aprēķinu atveido ar sekojošiem trim blokiem:

- sniega segas veidošanās un kušanas aprēķinu;
- aktīvā augsnes slāņa ūdens bilances aprēķinu;
- gruntsūdens un kapilārā slāņa bilances aprēķinu.

1.7.1.1 Sniega segas veidošanās un kušanas aprēķins

Sniega segas veidošanās un kušanas procesa raksturošanai modelī izmantoti 6 parametri:

1. *T1* - diennakts vidējā temperatūra, pie kuras sākas nokrišņu uzkrāšanās sniega veidā, ° C;
2. *T2* - diennakts vidējā temperatūra, pie kuras sākas sniega kušana, ° C;
3. *KS* - koeficients, kas raksturo iztvaikošanu no sniega segas atkarībā no gaisa mitruma deficīta;
4. *CMELT* - koeficients, kas raksturo sniega segas kušanas intensitāti atkarībā no diennakts vidējās temperatūras;
5. *CFR* - koeficients, kas raksturo sniegā aizturētā izkusušā (šķidrā) ūdens atkārtotu sasalšanu pie negatīvām temperatūrām;
6. *WHC* - izkusušā (šķidrā) ūdens maksimāli iespējamā daļa sniega segā.

Ja diennakts vidējā temperatūra T ir mazāka vai vienāda ar T_2 , tad nokrišņi uzkrājas sniega veidā un ūdens pārplūde uz augsni nenotiek – ūdens pārtece RS no sniega segas ir vienāda ar nulli. Ūdens saturs sniega segā diennakts beigās SSE ir vienāds ar starpību starp nokrišņu P un ūdens satura sniega segas diennakts sākumā summu un iztvaikošanu no sniega segas ES (izteiksme 6):

$$SSE = SSB + P - ES \quad (6)$$

Bet, ja diennakts vidējā temperatūra T ir starp T_2 un T_1 (kas modelī ir kalibrējami parametri), tad nokrišņi uzkrājas sniega veidā, pie tam sniegs sāk kust:

$$SSE = SSB + P - RS - ES \quad (7)$$

kur ūdens pārtece RS ir atkarīga no sniega kušanas intensitātes $WMELT$ un šķidrā ūdens akumulācijas spējas sniega segā WHC un ūdens saturs sniega segā diennakts beigās SSE reizinājuma. Ja diennakts vidējā temperatūra T pārsniedz T_1 , tad ūdens pārteci RS aprēķina pieņemot, ka visi sniega kušanas ūdens un nokrišņi, kas pārsniedz ūdens akumulācijas spēju sniega segā, pārtek uz aktīvo augsnes slāni. Arī šajā gadījumā ūdens bilanci sniega segā aprēķina pēc izteiksmes 7. Sniega kušanas intensitāti aprēķina pēc izteiksmes 8, savukārt iztvaikošanu – pēc izteiksmes 9:

$$WMELT = CMELT * (T - T_2) \quad (8)$$

$$ES = KS * DEF \quad (9)$$

kur DEF ir diennakts vidējais gaisa mitruma deficīts, hPa.

1.7.1.2 Aprēķini aktīvajam augsnes slānim

Augsnes aktīvais slānis ir nosacīts augsnes virsējais slānis bez precīzi definētas apakšējās robežas, kurā izvietojas augu sakņu galvenā masa. Summāro iztvaikošanu no šī slāņa veģetācijas periodā nosaka augu transpirācija. Šis slānis dabā reāli nav atdalīts no grunts augšējās zonas, bet fiziski ietilpst šajā zonā. Taču atšķirīgi ir mitruma krājumu regulēšanās procesi augsnes aktīvajā slānī un gruntsūdens augšējā slānī. Pirmajā noteicoša ir transpirācija un kapilārie spēki, savukārt otrajā noteicoša ir ūdens pārvietošanās gravitācijas spēka ietekmē.

Aktīvā augsnes slāņa ūdens balances izteiksme 10 satur sešus parametrus, kur $SMSB$ ir ūdens saturs aktīvajā augsnes slānī dotās diennakts sākumā un $SMSE$ – dotās diennakts beigās. RCH ir ūdens daudzums, kas pārtek no aktīvā augsnes slāņa uz gruntsūdens horizontu, savukārt CAP ir ūdens kapilārā pacelšanās no gruntsūdens horizonta uz aktīvo augsnes slāni:

$$SMSE = SMSB + RS - EA - RCH + CAP \quad (10)$$

Maksimālo ūdens ietilpību aktīvajā augsnes slānī nosaka parametrs $WMAX$, kas raksturo augsnes piesātināmību un tiek kalibrēts. Aprēķinātais ūdens saturs aktīvajā augsnes slānī nevar

pārsniegt šo vērtību. Ja ūdens daudzums dienas beigās $SMSE$ ir lielāks par $WMAX$, tad ūdens pārtek no aktīvā augsnes slāņa uz gruntsūdens horizontu. Pārtece RCH ir vienāda ar starpību starp ūdens daudzumu dienas beigās un maksimālo ūdens ietilpību aktīvajā augsnes slānī. Šādā gadījumā ūdens kapilārā pacelšanās CAP ir vienāda ar 0. Ja aprēķināts, ka augsnes aktīvajā slānī vispār nav ūdens krājumu jeb dienas beigās ūdens daudzums aktīvajā augsnes slānī $SMSE$ ir mazāks vai vienāds ar 0, tad ūdens no gruntsūdens zonas kapilārās pacelšanās rezultātā pieplūst augsnes aktīvajam slānim. Gruntsūdens kapilārā pacelšanās CAP ir vienāda ar negatīvu ūdens daudzumu diennakts beigās $-SMSE$ un ūdens daudzums, kas pārtek no aktīvā augsnes slāņa uz gruntsūdens slāni RCH ir vienāds ar 0.

Summāro iztvaikošanu jeb evapotranspirāciju katrai dienai aprēķina atkarībā no diennakts vidējā gaisa mitruma deficīta, ūdens satura aktīvajā augsnes slānī $SMSB$ un gruntsūdens dziļuma WZB apskatāmās diennakts sākumā. Ja augsnes aktīvais slānis ir pilnīgi piesātināts ar ūdeni jeb $SMSB$ ir vienāds ar $WMAX$, tad iztvaikošana ir vienāda ar potenciālo summāro iztvaikošanu, ko modelī aprēķina pēc izteiksmes 11:

$$EA = KU * DEF \quad , \quad (11)$$

kur KU ir kalibrējama iztvaikošanas koeficienta augšējā robežvērtība.

Ja aktīvajā augsnes slānī vispār nav ūdens krājumu jeb $SMSB$ ir vienāds ar nulli, un $G\ddot{U}L$ ir dziļāks par ūdens kapilārās pacelšanās augstumu $ZCAP$, tad efektīvā iztvaikošana tiek aprēķināta pēc izteiksmes 12, izmantojot iztvaikošanas koeficienta zemāko vērtību bezsniega periodam KL :

$$EA = KL * DEF \quad . \quad (12)$$

Ja mitruma saturs aktīvajā augsnes slānī dienas sākumā $SMSB$ ir starp nulli un augsnes maksimālo ūdensietilpību $WMAX$, vai arī $G\ddot{U}L$ ir seklāk par kalibrējamo ūdens kapilārās pacelšanās vērtību $ZCAP$, tad iztvaikošanu aprēķina interpolējot starp robežvērtībām, kuras iegūtas pēc izteiksmēm (13) un (14). Ja $G\ddot{U}L$ dienas sākumā WZB ir mazāks par ūdens kapilāro pacelšanos $ZCAP$, tad iztvaikošanu EA aprēķina pēc izteiksmes 13, bet ja WZB ir lielāks par $ZCAP$, tad to aprēķina pēc izteiksmes 14:

$$EA = \left(KU - \left(\frac{WZB}{ZCAP} \right) * (KU - KL) * \left(1 - \frac{SMSB}{WMAX} \right) \right) * DEF \quad , \quad (13)$$

$$EA = \left(KU - (KU - KL) * \left(1 - \frac{SMSB}{WMAX} \right) \right) * DEF \quad . \quad (14)$$

Kā izriet no iepriekšējā izklāsta, aktīvā augsnes slāņa ūdens bilances aprēķinam tiek izmantoti 4 kalibrējami parametri: augsnes maksimālā ūdensietilpība $WMAX$, iztvaikošanas koeficientu augšējā un apakšējā vērtības KU un KL , un ūdens kapilārā pacelšanās $ZCAP$.

1.7.1.3 Aprēķini gruntsūdens un kapilārā ūdens slānim

Modelī pieņemts, ka zem GŪL atrodošās grunts poras ir pilnībā piesātinātas ar ūdeni, bet virs GŪL daļa poru ir aizņemtas ar kapilāro ūdeni, bet pārējās porās atrodas ūdens, kas tik cieši saistīts ar grunts skeletu, ka neietekmē GŪL svārstības. Brīvo grunts poru tilpums GW ir izteikts slāņa milimetros un virs GŪL tiek aprēķināts pēc izteiksmes 15, kur $ALFA$ ir ūdens atdeves koeficients un WZ gruntsūdens dziļums centimetros. Un tā kā pastāv mērvienību dimensiju atšķirība, tad arī šajā izteiksmē tiek ienests reizinātājs 10, kurš atļauj no centimetriem pāriet uz milimetriem:

$$GW = 10 * ALFA * WZ \quad (15)$$

Ūdens bilances vienādojums kapilārā un gravitācijas ūdens slānim tiek aprēķināts pēc izteiksmes 16, kur GWB un GWE ir brīvo grunts poru tilpums milimetros diennakts sākumā un beigās, savukārt $Q1$ raksturo virszemes noteces apjomu, $Q2$ raksturo nosusināšanas tīklu noteces apjomu, un $Q3$ raksturo efluents noteci uz dziļākiem slāņiem un ūdentecēm.

$$GWE = GWB - RCH + CAP + Q1 + Q2 + Q3 \quad (16)$$

Ja WZE ir lielāks par DZ , tad pa nosusināšanas tīklu notekošais ūdens daudzums $Q2$ tiek aprēķināts pēc izteiksmes 17, savukārt ja WZE ir mazāks vai vienāds ar DZ , tad $Q2$ ir vienāds ar nulli. Šajā izteiksmē parametrs $A2$ ir kalibrējams un raksturo nosusināšanas tīkla intensitāti, savukārt parametrs DZ – šī tīkla efektīvo dziļumu. Abi nosusināšanas tīkla raksturojošie parametri ir kalibrējami parametri. WZE ir GŪL diennakts beigās, savukārt WZB – GŪL diennakts sākumā. Pie tam GŪL tiek aprēķināts centimetros.

$$Q2 = A2 * (DZ - WZE)^2 \quad (17)$$

Pa dziļākiem grunts slāņiem noplūstošais ūdens daudzums $Q3$ tiek aprēķināts pēc izteiksmes 18 un tās uzbūve ir līdzīga uzbūve gruntsūdens noteces aprēķinam pa nosusināšanas tīklu. $A3$ raksturo grunts dziļāko slāņu drenētības intensitāti, savukārt PZ – šo grunts dziļāko slāņu efektīvo dziļumu. Intuitīvi var uzskatīt, ka PZ koeficients ir nosacīti necaurlaidīga sprosts slāņa virsma.

$$Q3 = A3 * (PZ - WZE) \quad (18)$$

Gruntsūdens dziļumu no zemes virsas diennakts beigās WZE un ar to saistītos lielumus GWE , $Q1$, $Q2$ un $Q3$ aprēķina pakāpenisku tuvinājumu ceļā. Atkarībā no kārtējā tuvinājumā iegūtās GWE vērtības aprēķina kopējo virszemes noteci, kas sastāv no divām daļām: pirmās - QN , kas rodas, ja grunts infiltrācijas spēja ir mazāka par attiecīgās dienas RCH , un otrās, kas rodas GŪL paceļoties virs zemes virsas. Ja GWE ir lielāks vai vienāds ar nulli, tad kopējo virszemes noteci $Q1$ ir vienāds ar QN , savukārt, ja tas ir mazāks par nulli, tad $Q1$ aprēķina pēc izteiksmes 19:

$$QI = QN - GWE \quad . \quad (19)$$

Ja dienas beigās aprēķinātā GWE vērtība ir negatīva, tad nākošās dienas sākumam pieņem, ka *GWB* ir vienāda ar 0. Ja ūdens daudzums, kas pārtek no aktīvā augsnes slāņa uz gruntsūdens horizontu *RCH* ir mazāks vai vienāds par infiltrācijas intensitātes apakšējo robežvērtību *ROB1*, tad *QN* ir vienāds ar nulli, bet ja *RCH* pārsniedz *ROB1* vērtību, tad *QN* tiek aprēķināts pēc izteiksmes 20:

$$QN = RCH - ROB1 - ROB2 * \tanh\left(\frac{(RCH - ROB2)}{(ROR1 * ROB2)}\right) \quad . \quad (20)$$

Šajās izteiksmēs *ROB1* ir infiltrācijas intensitātes apakšējā robežvērtība, kuru pārsniedzot sākas virszemes notece, savukārt *ROB2* ir lielums, kas raksturo infiltrācijas intensitātes augšējo robežu. *ROBK* - empīrisks koeficients, kas saista *ROB2* un *ROB1* vērtības. *ROB1* un *ROB2* lielumi ir atšķirīgi sasalūšai un nesasalūšai augsnei; parametri *ROBZ*, *ROB2Z* un *RCHZ* ir attiecīgi analogi iepriekš aprakstītajiem parametriem.

Kopējā notece no apskatāmā elementārā baseina laukuma vienības tiek aprēķināta pēc izteiksmes 21:

$$Q = Q1 + Q2 + Q3 \quad . \quad (21)$$

Kopumā kalibrācijai tiek izmantoti 20 parametri, no kuriem 7 ir noteicoša loma teritorijas raksturošanā (Zīverts & Jauja, 1993, Krams & Zīverts, 1999).

GŪL aprēķiniem ir paredzēts pievienot ikdienas atmosfēras spiediena mērījumus, kā papildus ietekmējošo GŪL faktoru. Taču korektas ūdens bilances aprēķinos šis lielums var radīt zināmas problēmas. Pie zema atmosfēras spiediena vienāda tilpuma gruntsūdens baseinos GŪL būs augstāks nekā pie augsta atmosfēras spiediena. Ikdienas aprēķinā būtu iespējams reizināt pie normāla atmosfēras spiediena aprēķināto GŪL ar reālā atmosfēras spiediena izvesto koeficientu. Tādējādi tiktu saglabāts gruntsūdens daudzums pēc masas, taču gruntsūdens litrāža (tai skaitā arī līmenis) būtu atkarīga no atmosfēras spiediena. Vairāku dienu ietvaros ir nepieciešams pārdomāt ūdens tilpuma pārmaiņu aprēķinus.

Sākotnēji modelis *Metul* tika programmēts *Fortran* programmēšanas valodā, kā arī dāzān tā lietošana ir apgrūtināta, jo ir nepieciešams izveidot korektas kalibrācijas parametru, meteoroloģisko datu un sākuma nosacījumu datnes ar programmai nepieciešamo formātu. Lai uzlabotu darbu ar šo programmu, tika izveidota grafiskā *Metul* modeļa lietotāja saskarne. Tā ļauj pievienot nepieciešamos meteoroloģiskos datus, izveidot sākuma nosacījumus gan balstoties pēc meteoroloģiskajiem datiem (sākuma un beigu datumi, noklusētais sākuma GŪL 100 cm zem zemes virsmas pirmās dienas sākumā), gan pēc lietotāja nepieciešamības. Ir izveidota grafiska saskarne

gan manuālai parametru kalibrēšanai, gan pieslēgta automātiskās kalibrēšanas iespēja. Manuālā parametru kalibrēšanas iespēja ļauj lietotājam ātri izmainīt pēc viņa ieskatiem nepieciešamos parametrus un veikt modelēšanu. Modeļa aprēķinātos GŪL ir iespējams vizuāli novērtēt pēc grafika. Tāpat ir iespēja pievienot GŪL novērojumus un vizuāli grafika veidā novērtēt tos un salīdzināt ar modeļa aprēķinātajiem GŪL. Tā kā modelis dos aprēķinātu GŪL rezultātu par katru dienu, bet novērotie GŪL var nebūt novēroti ik dienas, tad prioritāte tiek piešķirta tām dienām, kurās ir veikti novērojumi. Modeļa *Metul* grafiskās saskarnes ietvaros ir iespēja iegūt pamata statistiskos rādītājus gan par novērotajiem, gan par modelētajiem GŪL. Ja ikdienas modelētajiem rezultātiem ir piesaistīti novērojumi, tiem statistiskie rādītāji tiks doti tikai par tām dienām, kurās veikti novērojumi. Ja ikdienas modelētie rezultāti nav piesaistīti novērojumiem, statistiskie rādītāji tiks aprēķināti visai datu rindai.

1.7.1.4 *Metul* autokalibrācija

Pētījumos, kuros nepieciešama kādu parametru kalibrācija, plaši tiek pielietotas automatizētas metodes šo parametru noteikšanai. Tā piemēram, jau pieminētā *HBV* modeļa parametru kalibrācija tiek izmantota ģenētiskā algoritma metode (Seibert, 2000), dažādu specifisku hidroģeoloģisku parametru noteikšanai izmantota *Nelder-Mead Simplex* algoritma metode (Devlin, 1994), gruntsūdens plūsmas raksturojošu parametru kalibrācijai izmantota *Quasi-Newton* metode (Siegel & Blashke, 1996).

Modelim *Metul* tika pieslēgta LU FMF Vides un tehnoloģisko procesu matemātiskās modelēšanas laboratorijas izveidotā autokalibrācijas iespēja. Tā ļauj ar optimizētu matemātisku iterāciju palīdzību atrast tādus kalibrējamus parametrus, kas dod visaugstāko modeļa aprēķināto rezultātu sakrītību ar dabā veiktajiem novērojumiem. Autokalibrāciju ir iespējams veikt, izmantojot septiņas dažādas optimizācijas metodes:

- Ģenētiskā algoritma metode;
- *Nelder-Mead (Simplex)*;
- *Levenberg-Marquardt*;
- *Quasi-Newton (BFGS)*;
- *Quasi-Newton (DFP)*;
- Konjugēto gradientu metode (*Fletcher*);
- Konjugēto gradientu metode (*Polak*).

Veicot autokalibrāciju, ir iespējams norādīt vienu, dažus vai visus kalibrējamus parametrus, to robežvērtības un sākotnējās vērtības, kā arī izvēlēties parametra kalibrācijas soli logaritmiskajās vienībās. Tāpat plaši iespējams norādīt pašas optimizācijas metodes raksturīgos parametrus, kā

piemēram, maksimālo iterāciju skaitu pie nepietiekamas konverģences, tolerances jeb pielaides līmeni, gradientu pielaides līmeni, gradienta soļa lielumu; izmantojot ģenētisko algoritmu – matemātiskā genoma populācijas lielumu un elites izlases skaitu.

Pielietojot praksē automātisko kalibrāciju, ātrāko darbības izpildi un vislabāko sakritību starp modelētajiem un novērotajiem GŪL uzrādīja *Nelder-Mead* metode, taču, tā kā darbs ar autokalibrāciju nav viennozīmīgs un ir atkarīgs gan no parametru skaita, to robežvērtībām, gan no rezultāta mainības, tad arīdzan iepriekš pieminētais atrastais rezultāts nav viennozīmīgs, bet interpretējams.

1.7.1.5 *Metul* modelēto un novēroto GŪL salīdzinājuma metodika

Manuālas modeļa parametru kalibrācijas gadījumā salīdzinājumu iegūt var vizuāli no modelēto un novēroto GŪL grafikiem un no pamata statistiskajiem rādītājiem (vidējās vērtības, minimālās, maksimālās vērtības, standartnovirzes, korelācijas koeficienta kvadrāta un kvadrātsaknes no vidējās kvadrātiskās kļūdas jeb vidējā kvadrātiskā prognozēšanas kļūda (*RMSE* jeb *root mean square error*)). Tā kā korelācijas koeficients dod tikai priekšstatu par to, vai procesi norisinās līdzīgi dažādu apstākļu ietekmē, un nedod informāciju, vai starp šiem procesiem pastāv kāda amplitūdas nobīde, tad tas nedod pilnvērtīgu informāciju par korektu parametru kalibrāciju. Praktiski to var novērot tā; ja pastāv perfekta un sinhrona svārstības starp modelētajiem un novērotajiem GŪL, tad korelācijas koeficients būs augsts, tuvs vērtībai 1. Taču šie līmeņi var savstarpēji atšķirties par kādu noteiktu konstanti, kuru korelācijas koeficients neņems vērā. *RMSE* aprēķins norāda, cik ļoti viena datu rinda atšķiras no otras; tas aprēķina standartnovirzi no abu datu rindu savstarpējās starpības. Jo mazāka ir *RMSE* vērtība, jo mazāka ir datu rindu starpība, un jo mazāk tās savstarpēji atšķiras. Taču arīdzan šeit, ja starpība ir konstanta, tad tās standartnovirze ir vienāda ar nulli, un atsevišķi ņemta *RMSE* vērtība arīdzan nedos pilnvērtīgu informāciju par korektu parametru kalibrāciju. Kalibrējot manuāli un novērtējot iegūtos modeļa rezultātus pret novērojumiem, par gala rezultātu tiek izvēlētas tās kalibrējamo parametru vērtības, kas dod visaugstāko sakritību starp modelētajiem un novērotajiem GŪL grafikiem, visaugstāko korelācijas koeficienta vērtību un viszemāko *RMSE* vērtību (Lauva, 2011).

Veicot autokalibrāciju, nav iespējams veikt subjektīvu grafisku rezultātu novērtējumu, taču atsevišķu korelācijas koeficienta vai *RMSE* vērtību arī nevar pielietot kā salīdzinošo vērtību. Tādējādi tika izveidots darba autora izdomāts paņēmieni, kurš ļauj iegūt kombinētu korelācijas koeficienta un *RMSE* koeficienta vērtību pēc izteiksmes 22:

$$KK = N * R^2 - M * nRMSE + C \quad , \quad (22)$$

kur *KK* ir kombinētais korelācijas un normalizētas *RMSE* vērtību koeficients, *N* ir korelācijas

koeficienta svars, M ir $RMSE$ vērtības svars un C ir pozitīva konstante, kas nodrošina kombinēto koeficientu KK pozitīvu ($KK > 0$ ir nepieciešams korektas optimizācijas programmas darbības ietvaros, un tas var būt vienāds ar M). Tā kā korelācijas koeficients atrodas vērtībās no 0 līdz 1, savukārt $RMSE$ vērtība ir absolūta un var būt jebkurš reāls skaitlis, tad ir nepieciešams $RMSE$ vērtību padarīt relatīvu pēc izteiksmes 23 tā, ka tā var būt no 0 līdz 1, lai abi statistiskie koeficienti būtu salīdzināmi savā starpā, atrastos vienā dimensijā.

$$rRMSE_i = \frac{(RMSE_i - RMSE_{min})}{(RMSE_{max} - RMSE_{min})} \quad (23)$$

M un N ir reāls skaitlis, kas norāda, ar cik lielu svaru tiks veidots kombinētais koeficients KK no korelācijas koeficienta un $RMSE$ vērtības. Ja M ir vienāds ar 2 un N ir vienāds ar 1, tad, pēc izteiksmes 22, veidojot kombinēto koeficientu, korelācijas koeficienta nozīmība ir 2 reizes mazāka par $RMSE$ vērtības nozīmību. Šāda statistisko vērtību svēršana atļauj meklēt dažādus atšķirīgus piegājienu labāko kalibrācijas parametru atrašanai.

Bieži vien modelēto un novēroto datu salīdzināšanai izmanto mazāko kvadrātu metodi. Taču šī metode ierobežo datu rindu salīdzināšanas interpretāciju. Ja, veicot autokalibrāciju, dati tiek savstarpēji salīdzināti ar mazāko kvadrātu metodi, tad neapmierinoša rezultāta gadījumā tik un tā ir nepieciešama manuāla kalibrācija. Mainot korelācijas koeficienta un vidējās kvadrātiskās kļūdas savstarpējos svarus, ir iespējamas plašākas autokalibrācijas manipulācijas, kas ir maģistra darba autora izstrādātās kombinētā koeficienta metodikas priekšrocības (Lauva, 2011).

1.7.1.6 *Metul* integrēšana ģeogrāfiskajās informācijas sistēmās

Modernās ģeogrāfijas informāciju sistēmu tendences sevī ietver dažādu modeļu apvienošanu vienotā programmatūras blokā. Tā piemēram, ir izveidoti dažādi programmatiski papildinājumi ģeogrāfijas informācijas sistēmu programmai *ArcGIS*, kas ļauj veikt specifiskas analīzes, kā piemēram, *Arc Hydro Groundwater Toolkit*, kas iekļauj sevī pamata pakotni *Basic Toolkit*, pazemes analīzes pakotni *Subsurface Analyst* un pazemes ūdens plūsmas analīzes pakotni *Modflow Analyst* (Norm, 2010). Savukārt bezmaksas ģeogrāfijas informācijas sistēmu programmatūras *GRASS GIS* ietver jau iebūvētas procedūras pazemes ūdens pētījumu aprēķiniem (Gebbert, 2007).

Lai ar modelēšanas programmu *Metul* veiktu GŪL modelēšanu, kurai būtu arī dzin ģeogrāfiska vērtība, ir izveidota iespēja atrastos kalibrācijas parametrus saglabāt iekšējā *Metul* datubāzē. No tās tālāk parametrus var eksportēt vektordatu formātā kā ģeogrāfiskus punktus. Katrai kalibrācijas parametru kopai tiek norādītas tās atrašanās koordinātas; pie tam ir iespēja koordinātas gan saglabāt, gan piesaistīt tām nosaukumu, tādējādi veidojot iekšējo *Metul* urbumu datubāzi. Iespējamie eksporta formāti ir teksta ar komatu atdalītie *csv* (*comma seperated value*), tabulatūras

taustiņa atdalītie un *ESRI Shapefile* formāts. Pēdējais ir piesaistīts *TM Baltic-93* koordinātu sistēmai, taču ir iespējams arī veikt piesaisti *LKS-92* koordinātu sistēmai (Lauva, 2011).

Ģeogrāfijas informāciju sistēmas formātā esošie kalibrācijas parametri ļauj veikt šo parametru telpisko analīzi un savstarpējas matemātiskas darbības ar tiem, kā piemēram, parametru interpolāciju un ekstrapolāciju pār izvēlēto teritoriju.

1.8 Gruntsūdeņu pētījumi saistībā ar nākotnes klimatu

Latvijā līdz šim nav publicēti zinātniski pētījumi, kas tiešā veidā aplūkotu klimata mainības ietekmi uz gruntsūdeņu režīmu izmaiņām. Taču ir pieejama uzkrātā informācija, kas satur novērojumus un pazemes ūdeņu monitoringa atskaites. Tomēr pastarpināti, aplūkojot pētījumus, kas saistīti ar klimata mainības ietekmi uz hidroloģiskajiem procesiem un meteoroloģisko faktoru analīzi, var mēģināt spriest par gruntsūdeņu režīmu izmaiņām. Veicot novērojamu analīzi, ir jāņem vērā, ka Latvijas teritorijā nokrišņiem un temperatūrai var būt atšķirīgs mainības raksturs, ko nosaka ne tikai atmosfēras cirkulācija un saules starojuma režīms, bet arī ģeogrāfiskie faktori un novietojuma īpatnības, kas veido dotās vietas mikroklimatu.

Lai gan Latvijā hidrometeoroloģisko datu rindu analīze uzrāda pozitīvus noteces apjoma un nokrišņu daudzuma pieaugumus, ir pieņemts, ka 1961.-1990. gads ir periods, kad GŪL var raksturot klasiskā izpratnē bez būtiskas klimata mainības ietekmes (Lizuma, 2007, Lizuma *et al.*, 2007). Arī šajā maģistra darbā minētais periods tiks izmantots kā atskaites jeb references periods. Globālo vides izmaiņu kontekstā, ziemeļu puslodes mērenās joslas klimatam kļūstot siltākam un mitrākam, mainās arī temperatūras gada gaita, nokrišņu sezonālais sadalījums un intensitāte Latvijā (Lizuma, 2007, Lizuma *et al.*, 2007). Tā piemēram, ir aprēķināts, ka ikgadējais nokrišņu daudzums līdz 2070. gadam pieaugs par 1-2%, pie tam biežāk būs intensīvāki nokrišņi un šāds fenomens ir saistīts ar temperatūras pieaugumu, kas, savukārt ietekmē iztvaikošanas apjomu (Impacts of Europe's changing climate, 2004). Nākotnes klimata ziemas periodos tiek prognozēta bezsala perioda pagarināšanās un paaugstināta noteces veidošanās (Sprinģe, 2007). Ir novērots, ka ziemā biežāk nesasalst augsnes virskārta, un tajā biežāk novērojami atkušņi. Līdz ar to pastiprinās ne tikai pieplūde gruntsūdeņiem, bet arī ūdens izraisītā augsnes erozija, augu barības elementu un augu aizsardzības līdzekļu izskalošanās risks (Soms, 2008). Temperatūra un nokrišņi ir nozīmīgākie gruntsūdeņu papildināšanās režīma faktori, un to izmaiņas būtiski iespaidos gruntsūdens papildināšanās režīmu.

Pasaulē gruntsūdeņu pētījumus galvenokārt veic, lai novērtētu ūdens resursu ilgtspējīgu apsaimniekošanu dažādu klimatisko scenāriju gadījumos (Polemio & Casarano, 2008, Zume & Tarhule, 2007). Tā piemēram, ir veikts pētījums (Smith & Mudd, 2010) Austrālijas austrumu daļā,

Murray-Darling upju baseinā, kur pēdējos desmit gadus minētais reģions cieš no regulāra sausuma perioda. Pētījumā tiek secināts, ka šajā teritorijā virszemes un pazemes ūdeņu savstarpējā mijiedarbība ir cieši saistīta. Pastāv klimatiskais gruntsūdeņu pieplūdes režīms, kas atspoguļojas ūdens līmeņu izmaiņās atkarībā no nokrišņu daudzuma. Lai nodrošinātu ilgtspējīgu ūdens daudzuma ieguvu, ir nepieciešams kvantitatīvi apzināt dotās teritorijas aprakstošās ūdens bilances elementus. Pētījumā tiek pierādīts, ka klimata mainības radītās nokrišņu daudzuma izmaiņas ir būtisks un galvenais elements, kura izmaiņām ir jāpievērš vislielākā uzmanība, novērtējot ilgtspējīgu ūdens apsaimniekošanu dotajā teritorijā.

Indijā savukārt ir valdības, Ūdens Resursu ministrijas (*Ministry of Water Resources*) izveidots Nacionālais Hidroloģijas institūts (*National Institute of Hydrology*), kurā tiek veikta gan hidroloģijas un ūdens resursu inženiertehniskā, gan zinātniski pētnieciskā darbība (National Institute of Hydrology mājas lapa). Šī institūta ietvaros ir veikti dažādi pētījumi, kas skar vispārīgu ilgtspējīgas ūdens ieguves novērtēšanas metodiku (Kumar, 1996), augšnes mitruma pētījumus, dažādu ar gruntsūdeņiem saistītu procesu modelēšanu, kā piemēram, sālsūdeņu iespiešanos Indijas piekrastes teritorijās (Kumar et al, 2007), un arī klimata mainības ietekmi uz gruntsūdeņu resursiem Indijā (Kumar & Singh, 2010). Pēdējā iepriekš minētajā pētījumā tā autors norāda, ka salīdzinājumam tiks aplūkoti nākotnes klimata scenāriji no 2050. līdz 2100. gadam, un šajā periodā gruntsūdeņu režīma izmaiņas tiek raksturotas kā smagas. Kā galvenie gruntsūdens režīmu ietekmējošie faktori tiek izdalītas evapotranspirācijas un nokrišņu daudzuma un intensitātes izmaiņas. Tiek pieļauts, ka pazemes ūdeņu pjezometriskais spiediens būs mazāks un vidējais GŪL no zemes virsmas ieguls dziļāk. Šāda situācija apdraud ilgtspējīgu pazemes ūdeņu ieguvu un ir nepieciešams meklēt jaunus pazemes ūdeņu resursu apsaimniekošanas risinājumus, kas ir piemēroti nākotnes prognozēm. Pieaugošais jūras ūdenslīmenis un krītošais pazemes ūdeņu līmenis rada pastiprinātu sālsūdens intrūziju, kas arī dāzān ietekmē pazemes ūdeņu resursus. Indijā lauksaimniecības teritoriju apūdeņošanai 52% tiek izmantoti pazemes ūdeņi. Izmaiņas šo ūdeņu režīmā un apsaimniekošanā ietekmē lauksaimniecisko darbību. Pētījuma autors veic kopsavilkumu par citām ar GŪL režīmu un to papildināšanos saistītām publikācijām. Autors secina, ka šis pētījuma virziens ir specifisks, joprojām sākuma stadijā, un ir iztrūkstošs piemērots un attiecīgs validācijas mehānisms. Taču kopumā ir skaidri redzams, ka klimata mainības radītās sekas aptver daudzus faktorus; pie tam šīs sekas ir tādas, par kurām ir vērts satraukties jau šodien (Kumar & Singh, 2010).

1.8.1 Nākotnes klimata mainības informācijas avoti

IPCC (Intergovernment Panel of Climate Change) klimata maiņas scenāriji saista pasaules ekonomikas attīstības tendences ar pasaules vidējo temperatūru izmaiņām. Atkarībā no ekonomiskās attīstības tempiem ir sagaidāms atšķirīgs pasaules vidējās temperatūras izmaiņu straujums. Tā piemēram, A1 scenārijam ir raksturīga ārkārtīgi strauja ekonomiskā attīstība, pasaules iedzīvotāju skaits savu maksimumu sasniedz 21. gadsimta vidū, bet pēc tam tas samazinās, kā arī strauji tiek ieviestas dažādas jaunas un efektīvas tehnoloģijas. A1 grupa tiek iedalīta trīs apakšgrupās, kas savstarpēji atšķiras ar galvenajiem tehnoloģiskajiem attīstības virzieniem. A1FI ir raksturots kā scenārijs ar uzsvaru uz fosilās enerģijas izmantošanu, A1T tiek raksturots kā scenārijs, kurā uzsvars tiek likts uz alternatīvās enerģijas izmantošanu, savukārt A1B raksturo scenāriju, kurā tiek saglabāts balanss starp fosilās un alternatīvās enerģijas izmantošanu. A2 scenārijam ir raksturīga strauja cilvēku skaita palielināšanās, ir izteiktas ekonomiskās attīstības atšķirības starp reģioniem, ekonomiskā izaugsme ir fragmentēta, ir lēna tehnoloģiju attīstība un nomaīņa uz videi draudzīgākām. B1 scenārijam raksturīgs pasaules iedzīvotāju pieaugums tāpat kā A1 scenārijā, taču ekonomikas struktūrās noris straujāka pārkārtošanās uz apkalpošanas un informācijas ekonomiku, ieviestas efektīvas un resursus taupošas tehnoloģijas. Savukārt B2 scenārijam ir raksturīga vidēji strauja cilvēku skaita palielināšanās un ekonomiskā attīstība, pielietoti reģionāli risinājumi ekoloģiskās, sociālās un ekonomiskās ilgtspējības nodrošināšanai (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2000).

No *IPCC* modeļiem ir iespējams izveidot globālos klimata modeļus, no kuriem, savukārt, ir iespējams informāciju transformēt uz reģionu – tiek izveidoti reģionālie klimata modeļi, kā piemēram, *PRUDENCE* un *ENSEMBLES*. Pēdējā ietvaros ir pārstāvēti šādi institūti:

- *DMI (Danish Meteorological Institute, Dānija);*
- *KNMI (The Royal Netherlands Meteorological Institute);*
- *HC (Hadley Centre, Lielbritānija);*
- *MPI (Max Planck Institute, Vācija);*
- *METNO (Norwegian Meteorological Institute, Norvēģija);*
- *SMHI (Sveriges Meteorologiska Hydrologiska Institut, Zviedrija)*
- *CNRM (Météo-France);*
- *C4I (Climate Change Consortium for Ireland);*
- *ICTP (The Abdus Salam Intl. Centre for Theoretical Physics);*
- *ETHZ (Swiss Institute of Technology) (Niehörster, 2008)*

Lai iegūtu Latvijai adaptēto klimatisko parametru projekcijas, tika izmantotas 20 iepriekš uzskaitīto institūciju datu rindas uz katru parametru laika posmā no 1950. līdz 2100. gadam ar vienas diennakts lielu temporālo izšķirtspēju. Savstarpēji tās atšķiras pēc izmantotajām globālo un reģionālo klimata modeļu kombinācijām, pie tam visi modeļaprēķini atbilst *IPCC* klimata mainības scenārijam A1B. Izmantotie globālie klimata modeļi ir *ARPEGE*, *ECHAM5*, *HadCM*, *BCM*, *MIROC*, *IPSL*, savukārt reģionālie klimata modeļi - *HIRHAM*, *CLM*, *REMO*, *RCA*, *RACMO*, *RegCM*, *HadRM*, *HadCM*, *Aladin*. Par reģiona klimatiskajiem apstākļiem ir pieņemts spriest pēc 30 gadu ilga perioda parametru vidējām vērtībām, pie tam veiktajos pētījumos aprēķinu datu rindu transformācija būtiski uzlabo atbilstību starp aprēķiniem un novērojumiem (Sennikovs & Bethers, 2009).

Interpretējot Latvijai adaptēto klimatisko parametru projekcijas ir jāatceras, ka iegūtie rezultāti nav ikdienas prognozes, bet gan klimata parametru īpašības, kuras ir raksturotas, izmantojot statistikas palīdzību. Līdz ar to no šīm rindām atvasinātie rezultāti un pārrēķini (ūdens bilances, GŪL, u.c.) neatspoguļo prognozes, bet nav pazaudējuši to statistiskās īpašības. Tādējādi modelējot, piemēram, GŪL, rezultātu nenoteiktību rada ievades datos esošā nenoteiktības un modeļa nenoteiktības jeb kļūdas summa. Aprēķinot nākotnes scenārija ilggadīgo mēnešu vidējo GŪL, tās vērtība ir ticama un raksturo šo periodu, taču ir jāņem vērā ievades datu nenoteiktība un modeļa ieviestā kļūda.

2. Zinātniski pētnieciskā daļa

2.1 Darba uzdevumi

1. Iegūt un apkopot datus:
 - a) Definēt kritērijus gruntsūdens urbumu atlasīšanai;
 - b) Atlasīt gruntsūdens urbumus un tajos veiktos gruntsūdens līmeņu (GŪL) novērojumus;
2. Izveidot maģistra darbā izmantoto datu datubāzi;
3. Izstrādāt metodiku, kas saistīta ar datiem un to apstrādi:
 - a) Veikt visu GŪL novērojumu datu rindu verifikāciju;
 - b) Atrast matemātisku pieeju datu rindu transformēšanai;
 - c) Veikt gruntsūdens urbumu telpisko analīzi;
 - Sagrupēt gruntsūdens urbumus;
 - Izpētīt un verificēt savstarpējās gruntsūdens urbumu normalizēto līmeņu svārstības izdalīto urbumu grupu ietvaros;
 - d) Veikt gruntsūdens urbumu grupu telpisko analīzi:
 - Raksturot gruntsūdens urbumu grupas pēc tajās ietilpstošajiem GŪL svārstību datiem;
 - e) Izveidot ilggadīgo novērojumu (1961.-1990. gads) GŪL sezonālo svārstību raksturojošas kartes;
 - f) Veikt GŪL modelēšanu atskaites un nākotnes periodam katras gruntsūdens urbumu grupas raksturīgākajam urbumam pēc izvēlētajiem nākotnes klimatiskajiem datiem;
 - g) Izveidot atskaites perioda iespējamo ilggadīgo modelēto datu (1961.-1990. gads) GŪL sezonālo svārstību raksturojošas kartes;
 - h) Izveidot nākotnes iespējamo ilggadīgo modelēto datu (2071.-2100. gads) GŪL sezonālo svārstību raksturojošas kartes;
4. Analizēt GŪL sezonālās svārstības:
 - a) Salīdzināt un analizēt ilggadīgo novērojumu GŪL sezonālās svārstības pa mēnešiem;
 - b) Salīdzināt un analizēt nākotnes iespējamo ilggadīgo modelēto GŪL sezonālās svārstības pa mēnešiem;
 - c) Salīdzināt ilggadīgo novērojumu GŪL sezonālās svārstības ar nākotnes iespējamajām ilggadīgajām modelētajām GŪL svārstībām.

2.2 GŪL līmeņu novērojumi un to raksturojums

No iegūtajiem datiem tika izveidota gruntsūdens urbumu datubāze, kas satur informāciju par Latvijā esošajiem urbumiem, uzbūvi, to ģeoloģiskajām un fizikālajām īpašībām, stāvokli, atrašanās vietu un darbības apstākļiem, kā arī satur dažādas novērojumu datu rindas par ūdens līmeni. Datubāzē ir apkopoti LVGMC urbumu dati.

Lai veiktu GŪL apkopošanu, bija nepieciešams atlasīt tikai tādus urbumus, kuri raksturo GŪL un tā svārstības. Urbuma ģeoloģiskais griezumš un nogulumš, kuros atrodas filtrs, ļauj novērtēt tajā esošā ūdens izcelsmi. Visu atlasīto urbumu filtri atrodas kvartāra pēdējā ledus laikmeta nogulumos, un to ģeoloģiskais griezumš norāda uz bezspiediena pazemes ūdens horizontu, kuru baro infitrējušies nokrišņi. Pie tam kā papildus kritērijs tika izvirzīts, ka urbuma filtra dziļums nedrīkst pārsniegt 10 metru dziļumu.

Lai veiktu masveida urbumu novērojumu datu rindu automatizētu atlasīšanu, tika izveidots *PHP-mysql* skripts datu iegūšanai (skatīt pielikumu 1.2).

Iegūtās novērojumu datu rindas ir nepieciešams pārbaudīt. Veidojot datubāzi var tikt pieļautas cilvēcīgā faktora radītas kļūdas. Visbiežāk tās rodas, ievadot datorā datus no drukāta materiāla – arhīviem. Veicot grafoanalītisku un skaitlisku datu pārbaudi, tika konstatētas šādas visbiežāk sastopamās kļūdas:

1 novērojumam piešķirts nepareizs urbuma numurs.

1.1 Šāda veida kļūdas var diferencēt, zinot mērījumu soli dienās. Ja mērījumi ir veikti katru i`to dienu, un ja ir kāds mērījums, kas neiekļaujas šajā mērījumu solī un nav ticams pēc tā vērtības, tad šāda mērījuma vērtība ir atmetama. Mērījuma ticamību nosaka pēc tā, vai tas iekļaujas starp minimālo un maksimālo mērījumu tām vērtībām, kuras atbilst mērījuma solim. Ja mērījuma vērtība ietilpst šajā amplitūdā, tad tā tiek pieņemta kā ticama. Ja mērījuma vērtība neietilpst, tā tiek dzēsta.

2 Novērojumam samainītas desmitu daļas ar vienu daļām.

2.1 Šāda veida kļūdas grafoanalīzē tiek uzrādītas kā vērtības, kuras kopējā mērījumu secībā nav loģiski izskaidrojamas. Ja, apmainot desmitu vērtību ar vienu vērtību, mērījums iegūst loģisku vietu kopējā mērījumu secībā, tad tiek atstāta izlabotā vērtība. Kļūdas iemesls bieži vien ir cilvēcīgais faktors, kad pie datu ievades vispirms tiek ievadīti vieni un tikai tad desmiti.

3 Novērojums atšķiras par vienu mērvienību.

3.1 Šāda veida kļūdas ir visgrūtāk diagnosticēt, ja ir sajauktas mazākās mērvienības. Taču diezgan viegli ir diferencēt tādas kļūdas, kur sajauktas ir lielākās. Tā piemēram, ja

ūdens līmeni urbumā var raksturot ar m, cm (metrs, komats, centimetrs) un sajaukti ir centimetru vieni (par vienu centimetru vairāk vai mazāk), tad kļūdu ir pilnībā neiespējami identificēt. Taču, ja sajaukti ir metri (par vienu metru vairāk vai mazāk), tad pie gruntsūdens svārstību amplitūdas šādu kļūdu ir viegli pamanīt un izlabot. Protams, gruntsūdens svārstību amplitūdas ir atšķirīgas dažādās grunts saguluma vietās un arī tas nosaka kļūdas iespējamo atrašanos un izlabošanu.

2.3 GŪL novērojumu matemātiskie pārveidojumi

GŪL ir attālums no zemes virsmas līdz gruntsūdens horizonta virsmai. Mērījumi var tikt veikti katru dienu, taču visbiežāk tie ir veikti ar laika soli, kas var būt viena, divas vai vairāk dienas, līdz pat mērījumiem vienu reizi mēnesī. Pēdējais gan nedod informāciju par mēnesī notiekošajām GŪL svārstībām, taču, apkopojot vienreiz mēnesī iegūtos datus pa vairākiem gadiem, var iegūt intuitīvu priekšstatu par vispārēju GŪL uzvedību ilgākā laika periodā. Mērījumi būtu jāveic ne retāk kā tik ilgā laika posmā, kāds ir vienāds ar laiku, kas nepieciešams lai nokrišņi varētu infiltrēties līdz vidējam GŪL. Lai noteiktu šādu laiku, ir nepieciešams zināt vidējo GŪL un nokrišņu daudzumu. Starp šādām datu rindām ir iespējams veikt kros-korelāciju un tās rezultāti norādīs aiztures ietekmi. Šajā gadījumā aizture ir tās dienas, kas nepieciešams, lai nokrišņi sasniegtu vidējo GŪL, un ietekme ir korelācijas koeficients, kas arī būs visaugstākais pie tās aiztures jeb dienām (Houston, 1983). Ja mērījumi tiek veikti pēc ilgāka laika posma nekā nokrišņi sasniedz gruntsūdens virsmu, tad tiek zaudēta būtiska informācija par gruntsūdens papildināšanos. Tiek izlaista informācija par maksimālo vai minimālo GŪL. Taču, ja mērījumi tiek veikti regulāri un ar īsāku laika soli nekā nokrišņi sasniedz vidējo GŪL, tad, vidējot novērojumus, rezultāti ir korektāki.

2.3.1 GŪL novērojumu lineārā interpolācija

Pēc atlasīto GŪL novērojumu datu rindu kļūdu izlabošanas, tika veikta novērojumu interpolācija, aizpildot ar interpolētām vērtībām tās dienas, kurās nav veikti mērījumi. Interpolācija ir nepieciešama, lai iegūtu pareizu GŪL mēneša vidējo vērtību svaru. Ja tiek veikta mēneša vidējo vērtību aprēķināšana ņemot vērā tikai tās dienas, kad ir veikti mērījumi, tad netiek ievērots GŪL vērtību sadalījums. Aprēķinā izmantojot gan novērojumus, gan mākslīgi iegūtos interpolētos datus, rezultāts tiek matemātiski vidēji svērts. To empīriski pārbaudot pēc nejaušības principa izvēlētam urbumam, var redzēt, ka rezultāti atšķiras par 3,2 procentiem (skatīt pielikumu 2.1). Atšķirību lielumu ietekmē mērījumu amplitūdas attiecība pret šo mērījumu vidējo vērtību. Jo šī attiecība ir lielāka, jo arī atšķirība ir lielāka. Pie augstas gruntsūdens svārstību amplitūdas atšķirības starp abām datu rindām ir lielākas. Lai tajās dienās, kurās nav veikti mērījumi, atrastu GŪL vērtības, izmanto

sekojošu sakarību, kas ir arī lineārās interpolācijas pamatā – starp diviem novērojumiem tiek atrasts dienu skaits un šo novērojumu amplitūda. Amplitūda tiek izdalīta ar dienu skaitu, un tiek iegūta ikdienas soļa vērtība, kas var būt gan pozitīva, gan negatīva. Tā zīme ir atkarīga no tā, vai pirmā novērojuma vērtība ir lielāka vai mazāka par otro novērojuma vērtību. Ja pirmā novērojuma vērtība ir lielāka par otro, tad šo vērtību starpība ir negatīva, un dalījums arī ir negatīvs. Tajās dienās, kad GŪL mērījumi nav veikti, GŪL aprēķina, katrai nākamajai dienai pieskaitot atrasto soļa vērtību. Piemēram, ja mērījumi ir veikti katru piekto dienu (pa vidu ir trīs dienas, kurās netiek veikti mērījumi) un pirmās dienas atrastā mērījumu vērtība ir 5, bet piektās – 3, tad starpība starp šīm divām vērtībām ir -2. Izdalot starpību ar “tukšo” dienu skaitu plus vēl vienu dienu, šajā piemērā dalot ar 4, tiek iegūts solis ar vērtību -0,5. Katras nākamās dienas interpolētā vērtība ir vienāda iepriekšējās dienas vērtībai pieskaitot soļa vērtību, līdz ar to ir izveidojusies šāda datu rinda – 5; 4,5; 4; 3,5; 3. Vienas šādas skaitļu rindas vidējā vērtība ir 4, taču, ja ir divas identiskas šādas datu rindas un viena datu rinda ar mazākām vērtībām, piemēram, kopējā datu rinda – 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 4,5; 4; 3,5; 3; 2,75; 2,5; tad, aprēķinot pilnas datu rindas vidējo vērtību, tā ir vienāda ar 3,66, bet, aprēķinot tikai treknrakstā esošo skaitļu vidējo vērtību, tā ir vienāda ar 3,38. Šīs divas aprēķinātās vidējās vērtības viena no otras atšķiras par 7,76%.

2.3.2 GŪL datu rindu transformācija

Pēc GŪL novērojumu datu rindu kļūdu izlabošanas un interpolācijas, ir iespējams pētīt to izmaiņas laikā. Bieži vien ir novērojamas kādas tendences vai krasas datu rindas raksturojošo parametru (visbiežāk amplitūdas un vidējo vērtību) izmaiņas, kurus ietekmē dažādi ārēji faktori. Pie šīm izmaiņām var pieskaitīt zemes lietojuma veida maiņu, grāvju tīklu struktūras izmaiņas, meliorācijas sistēmu ieviešanu vai likvidēšanu. Taču, lai varētu fokusēties tikai uz GŪL svārstību izpēti, ir vērts atbrīvoties no dažādām ārējo faktoru ietekmēm, kas tiešā veidā neskar pašas GŪL svārstības. Polijā ir veikts pētījums (Chelmicki, 1993), no kura ir aizgūta turpmāk aprakstītā metode. Minētā pētījuma ideja ir uzlabota un pielāgota Latvijas teritorijai.

Pirmkārt, tā kā šajā maģistra darbā tiek salīdzinātas sezonālās svārstības pa mēnešiem, tad GŪL novērojumu rindas ir nepieciešams vidējo pa mēnešiem. Tiek iegūtas mēnešu vidējās GŪL vērtības un papildus var aprēķināt šo mēnešu vidējo GŪL vērtību standartnovirzes, kas raksturo GŪL svārstību novirzi dotajā mēnesī. Pēc šāda pārveidojuma novērojumu datu rindas joprojām var saglabāt dažādas ārējo faktoru pazīmes, un sezonālās svārstības joprojām ir iespējams salīdzināt tikai vienas novērojumu rindas ietvaros.

Otrkārt, aprēķinātās GŪL mēnešu vidējās vērtības ir iespējams sagrupēt pa periodiem vienas novērojumu rindas ietvaros. Korekti ir izvēlēties periodu, kas atbilst novērojumu rindas cikliskuma

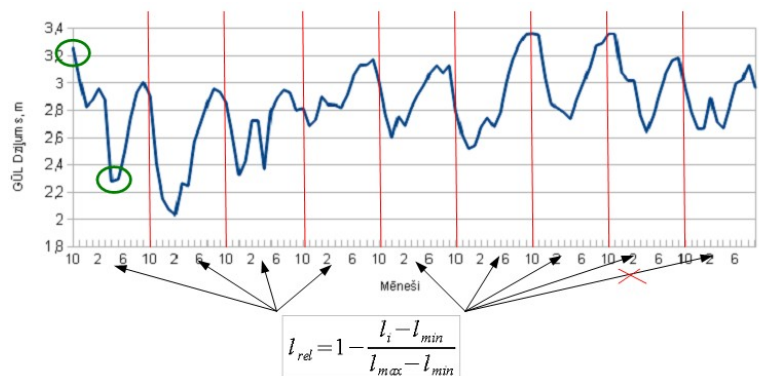
būtibai. Šajā gadījumā, izdalot periodu GŪL svārstībām, par periodu tiek izvēlēts viens hidroloģiskais gads, kas ilgst divpadsmit mēnešus sākot no oktobra. Ja viena GŪL datu rinda sevī ietver trīsdesmit gados veiktus novērojumus, tad šādā novērojumu rindā ir izdalāmi trīsdesmit hidroloģiskie gadi – izdalītie periodi. Šāds periods satur divpadsmit vērtības, kas atbilst aprēķinātajai katra mēneša vidējai GŪL vērtībai. Izdalītā perioda ietvaros ir iespējams atrast mazāko un lielāko vērtību (skatīt attēlu 2.1). Līdz ar to ir iespējams normalizēt šī perioda ietvaros tā visas vērtības - transformēt tās no absolūtām uz normalizētām vērtībām, izmantojot izteiksmi 24:

$$l_{rel} = 1 - \frac{l_i - l_{min}}{l_{max} - l_{min}}, \quad (24)$$

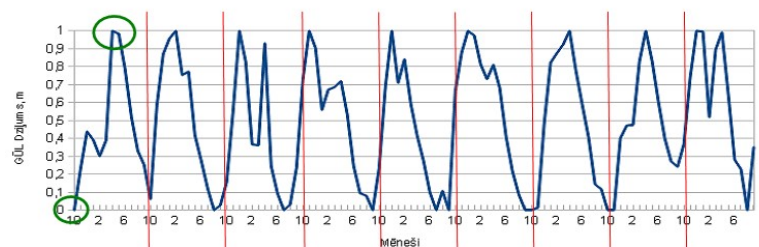
kur l_{rel} attiecīgā mēneša normalizētais GŪL, kas aprēķināts perioda ietvaros pēc tā minimālās un maksimālās vērtības, l_i ir attiecīgā mēneša, kuram tiek aprēķināts normalizētais GŪL, absolūtā vērtība, l_{min} ir dotā perioda mazākā GŪL vērtība un l_{max} ir šī perioda lielākā GŪL vērtība. Ir jāatceras, ka lielāka absolūtā vērtība norādīs uz dziļāku GŪL līmeni, savukārt mazāka – uz GŪL tuvāk zemes virsmai (skatīt attēlu 2.2). Reprezentējot normalizēto GŪL, ir nepieciešams definēt, kā tiks izmantota normalizētā skala.

Intuitīvi šķiet, ka, ja normalizētā GŪL vērtība ir vienāda ar 0, tad GŪL ir dziļāks, savukārt, ja tā ir vienāda ar 1, tad GŪL atrodas tuvāk zemes virsmai. Šāda reprezentācija arī ir ērtāka to attēlojot grafiski. Tāpēc izteiksmē 24 tiek izmantota starpība un gala rezultāts – normalizētā GŪL vērtība ir apgriezta absolūtajai GŪL vērtībai. Pieaugot absolūtajai GŪL vērtībai samazināsies tā normalizētā vērtība.

Šāda transformācija ļauj atbrīvoties no dažādām ietekmēm, kas novērojamas ilgākā laika posmā. Piemēram, ja novērojumos ir saskatāma augšup vai lejupejoša tendence, tad, neizdalot mazāku vienību periodus, maksimālā vērtība



2.1. attēls. GŪL novērojumu laika rindu sadalīšana. Sarkanās līnijas apzīmē izdalītos periodus. Periodi tiek izdalīti no oktobra līdz oktobrim. Katram izdalītajam periodam tiek atrasts lokālais minimums un maksimums (zaļās atzīmes, šajā piemērā izdalītas tikai pirmajam periodam), kas izmantoti normalizācijas aprēķinos viena perioda ietvaros.

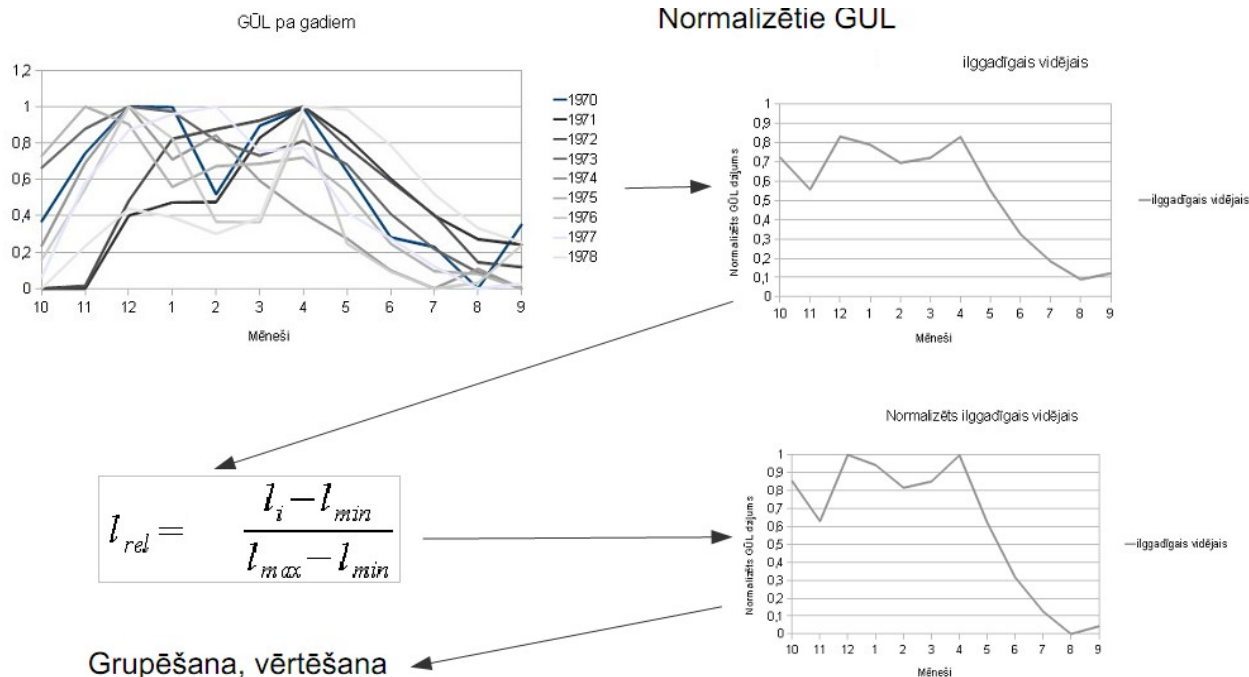


2.2. attēls. Normalizētā GŪL laika rinda. Vērtība "0" raksturo hidroloģiskā gada visdziļāko GŪL, savukārt vērtība "1" raksturo hidroloģiskā gada GŪL, kas ir vistuvāk zemes virsmai.

var tikt atrasta vienā novērojumu galā, savukārt minimālā vērtība – pretējā. Visas aprēķinātās normalizētās vērtības tiktu veidotas balstoties uz šīm ekstrēmajām vērtībām, līdz ar to katra mēneša normalizētā vērtība būtu interpretējama kā normalizēta attiecībā pret visu novērojumu rindu. Pēc šāda paņēmiena, veicot novērojumu rindas tendenču analīzi, tendence ir saglabājusies un tās raksturojošie parametri, tāpat kā novērojumu rindas vērtības, arī dzan ir normalizēti. Taču, nesadalot visu novērojumu rindu pa periodiem, gan absolūtās, gan normalizētās novērojumu rindas tendenču determinācijas koeficienti būs identiski. Ja novērojumu rinda tiek sadalīta pa periodiem un šajos periodos tiek aprēķinātās normalizētās vērtības pēc attiecīgā perioda maksimālās un minimālās vērtības, tad tiek likvidēta šī ilggadīgā tendence, jo katrā izdalītajā periodā tiek atrasti tā ekstrēmi – minimālā un maksimālā vērtība.

Pēc GŪL normalizācijas katra izdalītā perioda ietvaros, visus šos periodus apkopo (2.3. attēls, kreisā puse, augšā) un veic vidējošanu visiem periodiem (2.3. attēls, labā puse, augšā). Iegūtā vidējotā rezultāta minimālās vērtības nesasniedz vērtību 0 un maksimālās vērtības nesasniedz vērtību 1, tāpēc nepieciešams vēlreiz normalizēt pa periodiem vidējoto vienreiz normalizēto periodu līkni. Pēc otrās normalizācijas, iegūtie dati atspoguļo ilggadīgus mēneša vidējos normalizētus (turpmāk tekstā IMVN) GŪL dotajam urbūmam (2.3 attēls, labā puse, lejā). Tā kā gala rezultāts ir normalizēts, to ir iespējams salīdzināt ar citiem šādi transformētiem rezultātiem.

Ja GŪL novērojumu rindā ir novērojamas krasas izmaiņas, lēcieni vai lūzumi, kas visbiežāk ir skaidrojamas ar meliorācijas sistēmu darbības vai struktūras izmaiņām, tad var rasties situācija, kurā nekorekti tiek atrastas ekstrēmu vērtības, līdz ar to arī tālākais attiecīgā perioda aprēķins ir



2.3. attēls. Divkārsā GŪL normalizācija. Starp iegūtajiem rezultātiem ir iespējams veikt salīdzināmu analīzi neatkarīgi no izvēlēto urbūmu GŪL rindu statistisko īpašību atšķirībām.

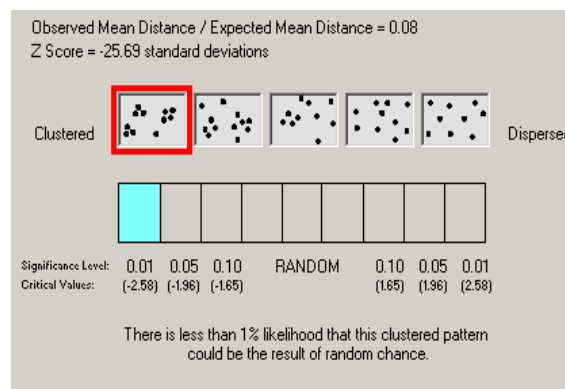
nekorekts. Šādā gadījumā ir jāatmet viss periods. Attiecīgais periods ir jāatmet arī tādā gadījumā, ja nav aizpildītas visas šī perioda vērtības. Ja kāda no vērtībām periodā iztrūkst, tad vienmēr pastāv varbūtība, ka šī vērtība var būt perioda ekstrēms, kas nepieciešams transformācijas aprēķinam. Ja tiek atrastas nekorektas ekstrēmās vērtības, tad visa perioda tālākais aprēķins arī nebūs korekts.

Treškārt, atrastās un sadalītās normalizētās vērtības pa periodiem ir iespējams savstarpēji salīdzināt. Pēc brīvas izvēles un izvēlēta pētījuma konteksta var salīdzināt gan savstarpēji pa gadiem, gan ilggadīgās vidējās vērtības vienas vai vairāku novērojumu rindu ietvaros. Ir iespējams salīdzināt atšķirīgu periodu – hidroloģisko gadu viena vai vairāku mēnešu normalizētās GŪL vērtības un normalizētās datu rindas statistiskās vērtības. Tā piemēram, standartnovirzes dod priekšstatu par vērtības izmaiņām. Atrodot un aprēķinot visu attiecīgā mēneša vērtību standartnovirzi vienas novērojumu rindas ietvaros, tiek iegūts priekšstats par ilggadīgo attiecīgā mēneša vērtības variabilitāti.

Ir svarīgi apzināties esošo novērojumu rindu, tās būtību un korektu interpretāciju, kad šādas novērojumu rindas tiek savstarpēji salīdzinātas. Šajā maģistra darbā tiek aplūkots laika posms no 1961.-1990. gadam. Taču ļoti bieži novērojumu rindas ir daudz īsākas par šo laika posmu. Pirmkārt, tās ir īsākas par to, jo daudz novērojumu urbumi ir ierīkoti vēlāk, pēc 1961. gada. Otrkārt, šīs novērojumu rindas pēc matemātiskās apstrādes iespējams ir zaudējušas daļu no to kvalitatīvā un kvantitatīvā satura. Līdz ar to, šajā maģistra darbā tiek pieņemts, ka esošie novērojumi maksimāli raksturo izvēlēto 30 gadu ilgo laika posmu, neraugoties uz šo novērojumu rindu garumu.

2.4 Izvēlētie urbumi un to grupēšana

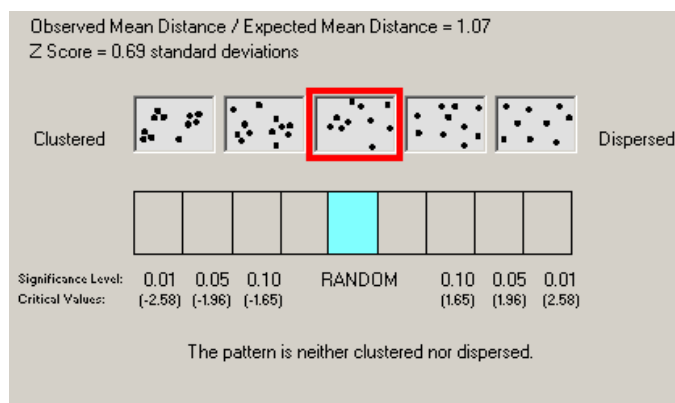
Apkopojot izvēlētos urbumus un tiem veicot pirmās pakāpes pudurošanās vidējā tuvākā analīzi, tika secināts, ka šie urbumi pudurojas, un to izkārtojums visā Latvijas teritorijā nav nejaušs (skatīt 2.4. attēlu). Z vērtība ir augsta un vienāda ar -25,69, kas kritisko vērtību -2,58 pārsniedz 9,95 reizes. Arī grafiski, atliekot urbumus uz kartes, ir iespējams secināt par to grupēšanos. Līdz ar to ir iespējams visus izvēlētos urbumus ģeneralizēt jeb apvienot grupās, un telpisko analīzi veikt, balstoties uz matemātiskajiem aprēķiniem, kas reducēti grupu ietvaros. Tā kā izdalītajās grupās urbumu skaits var būt lielāks par vienu, tad pastāv iespēja, ka vienas grupas ietvaros var būt tādi GŪL novērojumi, kas veikti atšķirīgos laika posmos. Ģeneralizējot šādus novērojumus grupas ietvaros, tiek panākts maksimāls dotās grupas



2.4. attēls. Ar ArcGiS veiktie pirmās pakāpes pudurošanās vidējā tuvākā analīzes rezultāti visiem urbumiem.

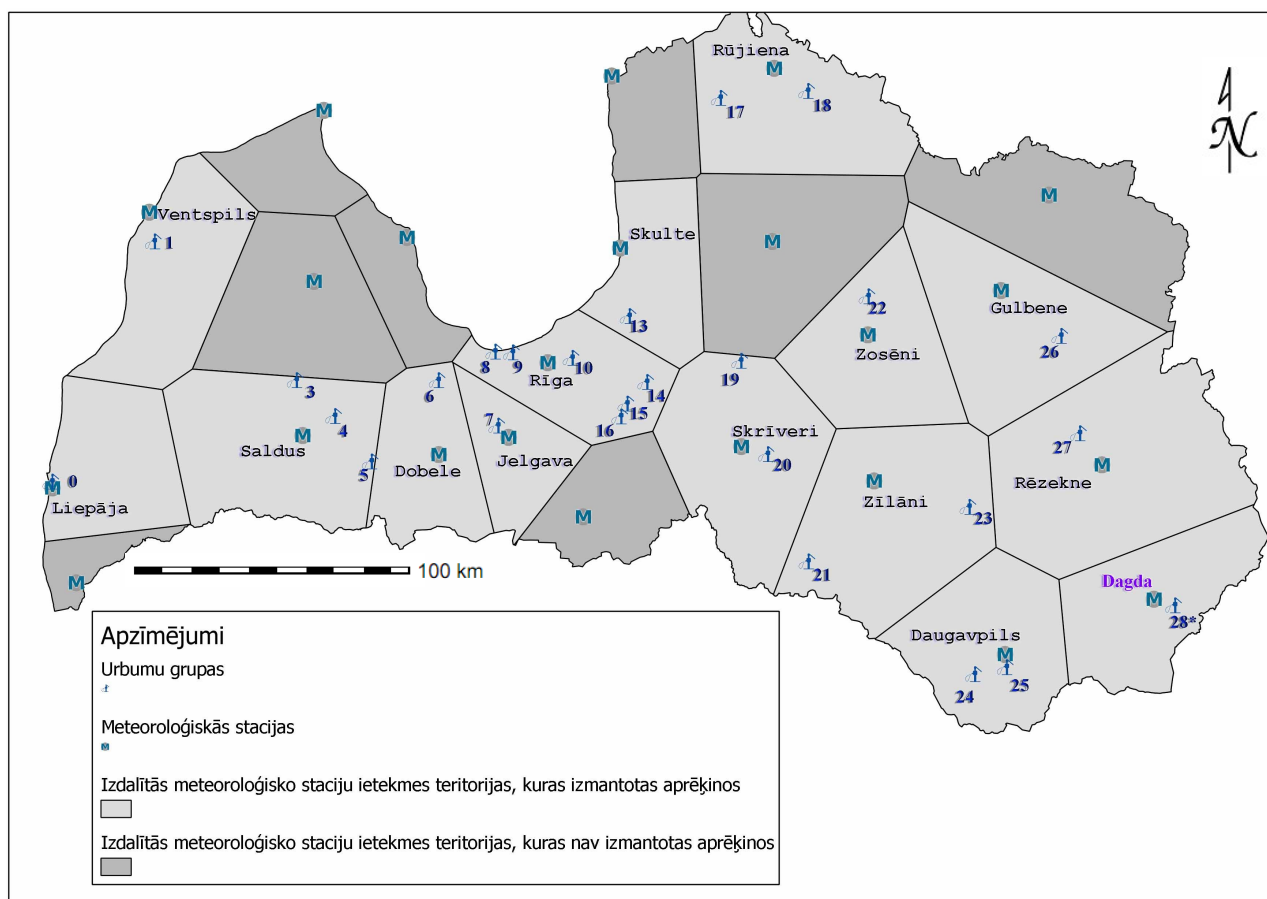
teritorijas raksturojums un vienkāršota virsmas interpolēšana.

Lai veiktu urbumu grupu kartēšanu, ir jāatrod telpiskā ģeometriskā vidējā vērtība starp attiecīgajā grupā esošajiem urbumiem. Veicot pirmās pakāpes pudurošanās vidējā tuvākā analīzi urbumu grupām, tika secināts, ka urbumu grupu sadalījums pār Latvijas teritoriju nav nedz izkliedēts, nedz arī



2.5. attēls. Ar ArcGiS veiktie vidējā tuvākā analīzes rezultāti izdalītajām urbumu grupām.

pudurojas (skatīt attēlu 2.5.); taču tas nenozīmē, ka urbumu grupu jeb ģeneralizētais urbumu sadalījums ir balstīts uz tīras nejaušības principa. Galvenokārt, šīs grupas atrodas tuvu apdzīvotām vietām, taču šajā pētījumā netiks iztirzāts šis urbumu grupu īpašības pierādījums. Tā kā urbumu grupu sadalījums pār teritoriju tiek raksturots kā nejaušs, tad, veicot interpolāciju, pilnvērtīgi tiks ņemts vērā atšķirīgais attālums starp urbumu grupām.



2.6. attēls. Urbumu grupu un izmantoto meteoroloģisko staciju atrašanās vietas Latvijā. Meteoroloģisko staciju ietekmju teritorijas izdalītas pēc Voronoi līdzīgās ietekmes principa, balstoties uz LVĢMC sniegto informāciju par meteoroloģisko staciju novietojumu. Dagdas stacijas ietekmes apgabalā modelēšanā tika izmantoti Rēzeknes stacijas relatīvā mitruma dati. Augstākas kvalitātes karti skatīt pielikumā 3.2.

Sākotnēji tika izdalītas 29 urbumu grupas, kuras saturēja visus aptuveni 200 datubāzē esošos urbumus, kuru filtrs ieguļ kvartāra pēdējā pēcdeduslaikmeta nogulumos. Pēc urbumu informācijas apkopošanas 4 grupas tika atmestas informācijas trūkuma un neatbilstības dēļ. Līdz ar to pētījumā tika izmantoti 25 punkti (skatīt attēlu 2.6., 38. lpp), starp kuriem interpolējot to raksturvērtības, tiek iegūtas IMVN GŪL virsmas.

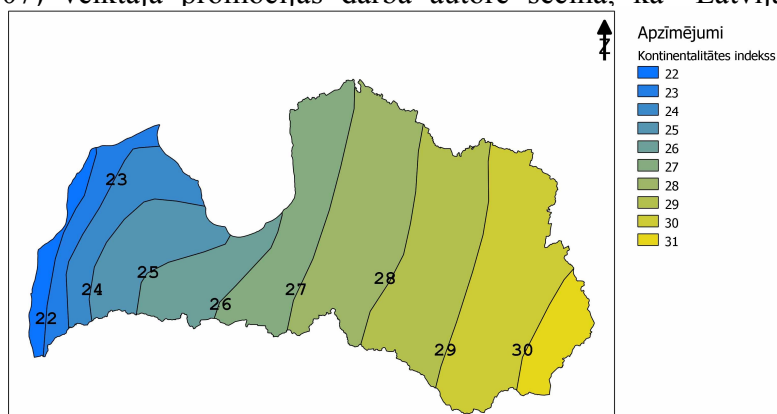
Šo GŪL virsmu iegūšanai tika izmantota inversā svērtā attāluma (*Inverse Distance Weighted* jeb IDW) metode. Tā ir vienkārša un plaši pielietojama dažādu mēru pētījumos, tajā skaitā pazemes ūdeņu virsmu iegūšanā (Hua *et. al.*, 2009), kur no izkliedētu punktu vērtībām ir nepieciešams iegūt nepārtrauktu virsmu. Interpolācija tika veikta, izmantojot Grass GIS bezmaksas programmatūru; iegūtās virsmas vienas šūnas izmērs ir 800x800 metri. Izdalīto teritoriju statistikas apkopošanai tika izmantota katras teritorijas ietvertās šūnas rastra vērtība.

Vienas urbumu grupas ietvaros tika apkopoti visi urbumi un to līmeņi. Katram urbumam tika veikta tā saturošās informācijas atbilstības pārbaude, balstoties uz iepriekš aprakstītajiem kritērijiem. Katram urbumam tiek aprēķināts IMVN GŪL. Ja izdalītajā urbumu grupā ir kāds urbums, kurš ir ierīkots agrāk par kādu citu urbumu, bet šiem urbumiem ir kāds kopīgs veikto novērojumu periods, tad var abu urbumu normalizētās datu rindas ģeneralizēt uz vienu kopēju urbumu grupu raksturojošu IMVN GŪL. Šādā gadījumā jāizpildās nosacījumam, ka kopīgajā novērojumu periodā starp šiem urbumiem ir jābūt pēc iespējas augstākai korelācijai. Urbumu grupas un to iedalījumu skatīt pielikumā 3.1.

2.5 Kontinentalitāte kā ietekmējošais faktors starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL vērtībām

Ir veikts Latvijas teritorijas sadalījums pēc kontinentalitātes indeksa (turpmāk tekstā saīsināti - KI). A. Dravenieces (2007) veiktajā promocijas darbā autore secina, ka “Latvijas

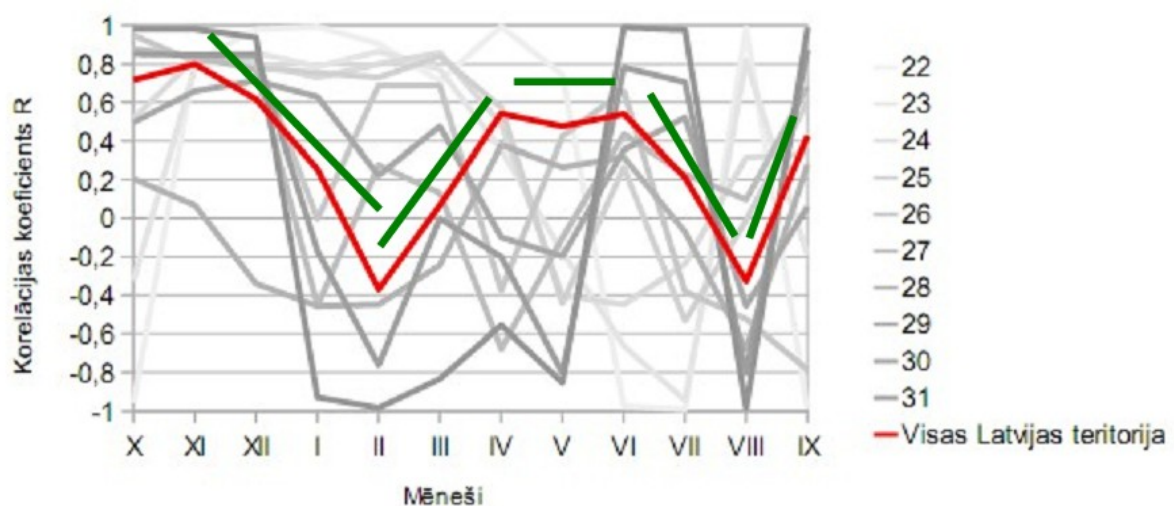
atrašanās mērenās joslas ziemeļu apmalē, pārejas posmā starp Eiropas okeānisko un iekškontinentālo daļu un plašā līdzenumu teritorijā bez dabiskiem šķēršļiem gaisa masu kustībai nosaka to biežu mainību no dienas uz dienu, daudzveidību un lielas starpgadu svārstības. [...] Gaisa masu un to noteiktu kombināciju



2.7. attēls. Konrada KI ģeogrāfiskais izkārtojums Latvijā (pēc 30 meteoroloģisko staciju ilggadīgiem vidējiem datiem). Kartes sastādīšanai izmantoti A.Dravenieces (2007) apkopotie dati.

gada gaitā, tāpat kā neto saules starojuma, temperatūras, nokrišņu daudzuma, ūdens bilances struktūrā un fenoloģisko parādību gaitā, vērojama labi izteikta sezonālitate.” (Draveniece, 2007). Tādējādi ir iespējams analizēt IMVN GŪL svārstības attiecībā pret kontinentalitātes izmaiņām pār Latvijas teritoriju. Latvijas teritorijā ir izdalītas 10 teritorijas ar pakāpeniski mainīgu KI; viszemākais ar vērtību 22 ietver Latvijas rietumu piekrasti pakāpeniski pieaugot virzienā uz austrumiem un sasniedzot vērtību 31 Latvijas austrumos (skatīt attēlu 2.7., 39. lpp), kur tiek ietverta Latgales augstienes austrumu daļa.

2.8. attēlā ir attēlots katra mēneša korelācijas koeficients starp novēroto nokrišņu daudzumu un novēroto IMVN GŪL. Īpaši uzsvērti ir visas Latvijas teritorijā aprēķinātā korelācijas koeficienta vērtība (sarkanā krāsā), un pa kontinentalitātes teritorijām izdalītās vērtības dod priekšstatu par to krasajām atšķirībām starp teritorijām ar atšķirīgiem KI. Tā piemēram, nokrišņiem ar IMVN GŪL visas Latvijas teritorijā augsti un pozitīvi korelācijas koeficienti ir oktobrī un novembrī, viszemākie un negatīvi ir februārī un augustā, savukārt tuvu nullei tie ir janvārī, martā un jūlijā. Vislielākās atšķirības starp korelācijas koeficientiem izdalītajās teritorijās norādīs uz augstāko nenoteiktību visā aplūkotajā teritorijā; tā var izdalīt janvāri un februāri, kad teritorijā ar visaugstāko KI vērtību 31 nokrišņu daudzuma ietekme ir pretēja IMVN GŪL, savukārt teritorijā ar viszemāko KI vērtību 22 ir novērojama pozitīva korelācija starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL. Šādu nenoteiktību var skaidrot ar atšķirīgo gruntsūdens papildināšanos izdalītajās kontinentalitātes teritorijās. Pozitīvā korelācija starp šiem diviem parametriem var tikt interpretēta ar nokrišņu nozīmīgo lomu gruntsūdens horizonta papildināšanā. Klimatiskie apstākļi, kas raksturīgi KI ar vērtību 2 jeb Latvijas

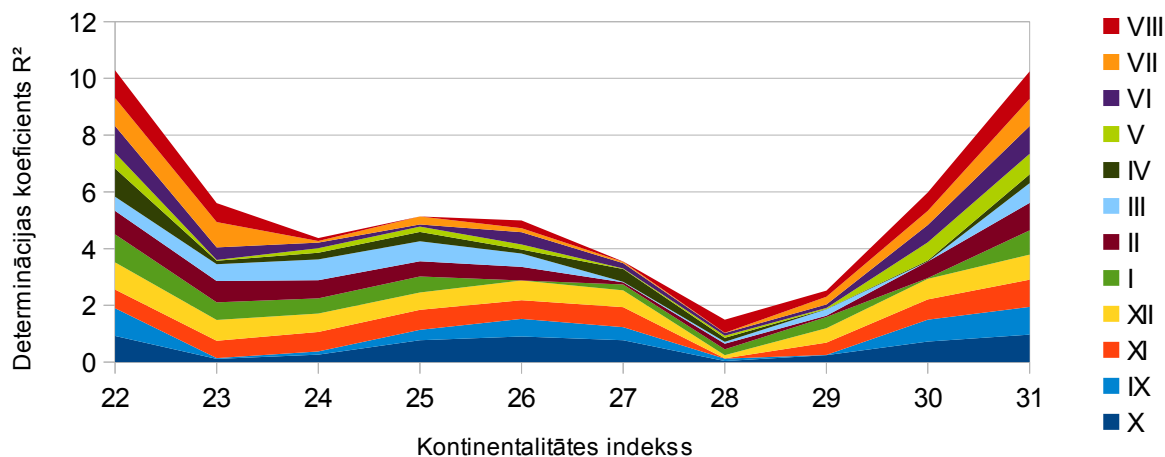


2.8. attēls. Temporālās korelācijas atšķirības visas Latvijas teritorijā (sarkanā krāsā) un izdalītajās teritorijās pēc KI (attiecīgo toņu pelēkā krāsā). Visu izdalīto teritoriju raksturojošā līkņu forma ieņem līdzīgu stāvokli, un, analizējot gruntsūdens papildināšanos visā Latvijas teritorijā, ir iespējams izdalīt piecus periodus, kuri raksturo mijiedarbību starp IMVN GŪL svārstībām un nokrišņu daudzumu. Visās pēc KI izdalītajās teritorijās var saskatīt šos piecus gruntsūdens papildināšanās režīmus, neraugoties uz to, ka savā starpā šo teritoriju atšķirības ir augstas gan pēc korelācijas lieluma, gan pēc temporālās nobīdes.

teritorijas piejūras klimatiskie apstākļi, ir labvēlīgi šajos ziemas mēnešos gruntsūdens horizonta papildināšanai, jo biežāk nekā citās Latvijas teritorijās ziemas mēnešos atkūst augsne. Veģetācijas periodā noritošā evapotranspirācija arīdzan ietekmē gruntsūdens papildināšanos ar nokrišņiem – liela daļa no tiem iztvaiko evapotranspirācijas ceļā. Pie tam veģetācijas transpirācijas procesi ir cieši saistīti ar temperatūras režīmu. Savukārt ziemā gruntsūdens papildināšanos no nokrišņiem ierobežo augsnes sasalums un nokrišņu uzkrāšanās sniega segā. Līdz ar to šie fakti izskaidro, kāpēc vidēji pār Latvijas teritoriju korelācijas koeficients starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL vērtībām ir visaugstākais. Rudens mēnešos (oktobrī, novembrī) ir samazināta evapotranspirācija un augsne vēl nav sasalusi. Pavasara mēnešos (aprīlī, maijā) ir samazināta evapotranspirācija, jo vēl pilnvērtīgi nav attīstījusies veģetācijas sega, savukārt augsne jau ir atkususi.

Zaļās līnijas 2.8. attēlā norāda atšķirīgas gruntsūdens papildināšanās ar nokrišņiem ietekmes. Var izdalīt piecus atšķirīgus periodus. Rudens gruntsūdeņu papildināšanās periods, kura laikā ir pieaug korelācija starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL pieaugumu (augusts – novembris). Ziemas gruntsūdeņu papildināšanās periods, kur korelācija starp IMVN GŪL un nokrišņu daudzumu krīt; to nosaka augsnes sasaluma veidošanās (novembris– marts). Pavasara gruntsūdeņu papildināšanās periods, kura laikā korelācija starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL izmaiņām pieaug, jo vēl nav izveidojusies veģetācijas sega, taču augsne atkūst (marts-aprīlis). Pavasara beigu - vasaras sākuma gruntsūdens papildināšanās periods, kad korelācija evapotranspirācijas režīma ietekmē ir vidēja. Vasaras beigu periods, kura laikā korelācija strauji krītas, ko galvenokārt var skaidrot ar evapotranspirācijas ietekmi. Pēc KI izdalītajām teritorijām savā starpā atšķirības ir ievērojamas.

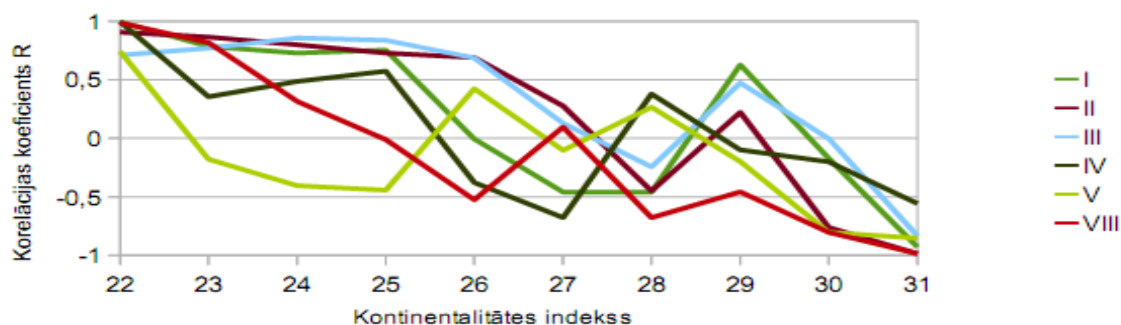
Analizējot telpiski un aplūkojot pēc KI izdalītās teritorijas visu mēnešu kumulatīvo determinācijas koeficienta vērtību (skatīt attēlu 2.9., 42. lpp), var secināt, ka visos mēnešos visaugstākie determinācijas koeficienti ir teritorijās ar KI, kuru vērtības ir 22, 23, 30 un 31. Visu mēnešu kumulatīvais determinācijas koeficients attiecīgai pēc KI izdalītajai teritorijai tiek aprēķināts, saskaitot visu mēnešu determinācijas koeficientus. Vismākie determinācijas koeficienti ir izdalītajā zonā ar KI vērtību 28. Šī teritorija ir sarežģīta pēc tās ģeomorfoloģiskās uzbūves un otrā lielākā pēc izdalītās platības (11 602,351 km²). Taču šo determinācijas koeficientu atšķirību var skaidrot ar Latvijas teritorijas atrašanos kontinentalitātes pārejas posmā starp Eiropas okeānisko un iekškontinentālo daļu. Un atrašanās šādā pārejas posmā ļauj izskaidrot biežo mainību, savukārt biežā gaisa masu mainība ļauj izskaidrot zemas kumulatīvās determinācijas koeficienta vērtības starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL svārstībām. Pielikumā 4.1. attēlota katras pēc KI izdalītās teritorijas un kumulatīvais determinācijas koeficients pa mēnešiem. Kopumā vislabāk korelē teritorijas, kuras ir augstākas par 201 mvjl. Savukārt pielikumā 4.2. ir attēloti pa mēnešiem



2.9. attēls. Telpiskais kumulatīvā determinācijas koeficienta sadalījums pa teritorijām, kuras ir izdalītas pēc KI.

kumulatīvās determinācijas koeficienti gan pēc izdalītajām KI, gan pēc absolūtā augstuma. Aplūkojot šo kumulatīvo determinācijas koeficienta vērtību diagrammu, ir jāatceras, ka determinācijas koeficients R^2 ir korelācijas koeficienta kvadrāts. Zinot, ka teritorijās ar augstāku KI ziemas mēnešos gruntsūdens papildināšanās ar nokrišņiem ir mazāk iespējama, nekā teritorijās ar zemāku KI, šķiet maz ticams, ka kumulatīvā determinācijas koeficientu vērtība teritorijās ar augstāku KI ir augsta. Taču patiesībā aukstajos ziemas mēnešos ir apgrūtināta gruntsūdeņu papildināšanās, nokrišņi uzkrājas sniega veidā un korelācija starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL pastāv, taču tā ir negatīva un augsta. Līdz ar to determinācijas koeficients arīdžan ir augsts, bet pozitīvs.

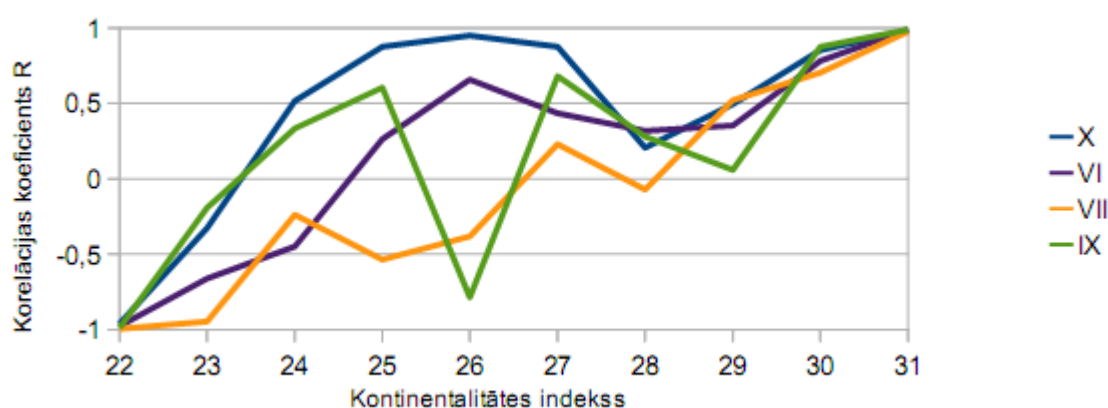
Korelācijas koeficienta izmaiņas starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL līmeni dažādos mēnešos ir atkarīgas no kontinentalitātes. Tā piemēram, var izdalīt janvāri, februāri, martu, aprīli, maiju un augustu, kuros korelācijas koeficienta vērtība ir krītoša attiecībā pret KI (skatīt attēlu 2.10.). Kurzemē ietilpstošās pēc KI izdalītajās teritorijās (22-25) ir augstas korelācijas vērtības



2.10. attēls. Izdalītie mēneši, kuros korelācijas koeficients ir lejupejošs attiecībā pret KI.

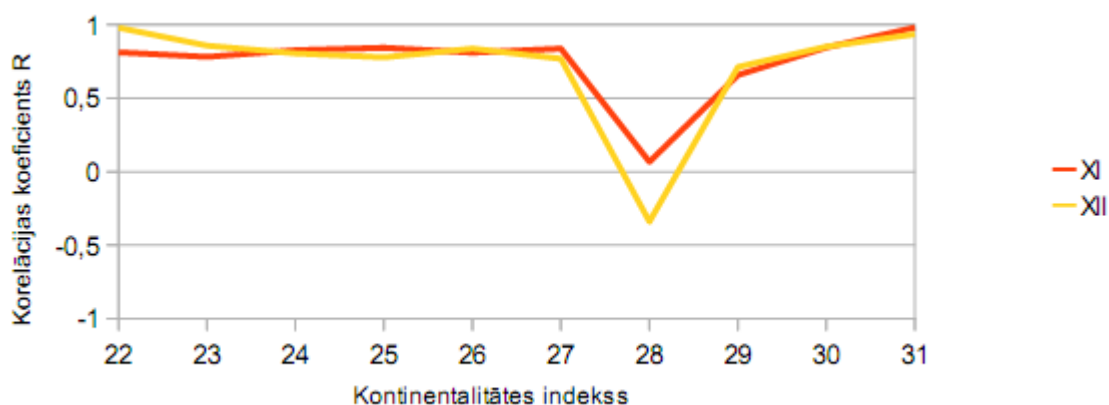
pirmajos trīs gada mēnešos (janvārī, februārī un martā), taču nākamajos tās samazinās straujāk, norādot uz šajos mēnešos lielāku gruntsūdens papildināšanās nenoteiktību. Ziemas mēnešos esošās korelācijas atšķirības var skaidrot ar piejūras teritorijās esošajiem relatīvi biežajiem atkušņiem ziemas mēnešos, kas atļauj gruntsūdeņu papildināšanos. Teritorijās ar augstu KI vērtību (izņemot 31), vērojama zema korelācija pirmajos trijos gada mēnešos, kas norāda gan uz gruntsūdens papildināšanās nenoteiktību, gan uz to, ka rudens nokrišņi ir infitrējušies un no šiem nokrišņiem veidojošais IMVN GŪL maksimums šajās teritorijās ir sasniegts; pie tam šo teritoriju klimatiskais raksturojums ierobežo gruntsūdens papildināšanos. Netiešā veidā šādi atspoguļotas korelācijas koeficienta izmaiņas pār teritoriju raksturo atšķirīgo kontinentalitātes ietekmi uz gruntsūdeņu barošanu ar nokrišņu ūdeņiem pa mēnešiem.

Attēlā 2.11. ir izdalīti novembris, decembris, jūnijs un jūlijs kā mēneši, kuros korelācijas koeficienta izmaiņas ir pieaugošas attiecībā pret KI, savukārt attēlā 2.12 (44. lpp) – novembris un



2.11. attēls. **Izdalītie mēneši, kuros korelācijas koeficients ir augšupejošs attiecībā pret KI vērtību**
decembris kā mēneši, kuros korelācijas koeficients visās izdalītajās teritorijās ir augsts, izņemot teritoriju, kur KI vērtība ir 28. 2.11. attēlā var redzēt, ka Latvijas teritorijās ar zemāku KI vērtību, IMVN GŪL veido negatīvu korelāciju, tuvu vērtībai -1. Šo nenoteiktību septembrī un oktobrī var saistīt ar klimatisko parametru – temperatūras un nokrišņu variabilitāti, kas nosaka nenoteiktību starp IMVN GŪL un nokrišņu daudzumu. Savukārt jūnija un jūlija mēnešos IMVN GŪL uzrāda krišanos, kur teritorijās ar mazāku KI vērtību šī krišanās ir notikusi ātrāk nekā pārējās, un to var skaidrot ar kontinentalitātes radīto temporālo aizturi.

Novembrī un decembrī (attēlā 2.12., 44. lpp) visās pēc KI vērtības izdalītajās teritorijās, korelācijas koeficienti starp IMVN GŪL un nokrišņu daudzumu ir samērā līdzīgi. To var skaidrot ar līdzīgo gruntsūdeņu papildināšanās mehānismu, veģetācijas segas neesamību un vēl šajos mēnešos neaizsalušo augsni. Tikai teritorija ar indeksu 28 uzrāda korelācijas vērtību tuvu nullei novembrī un



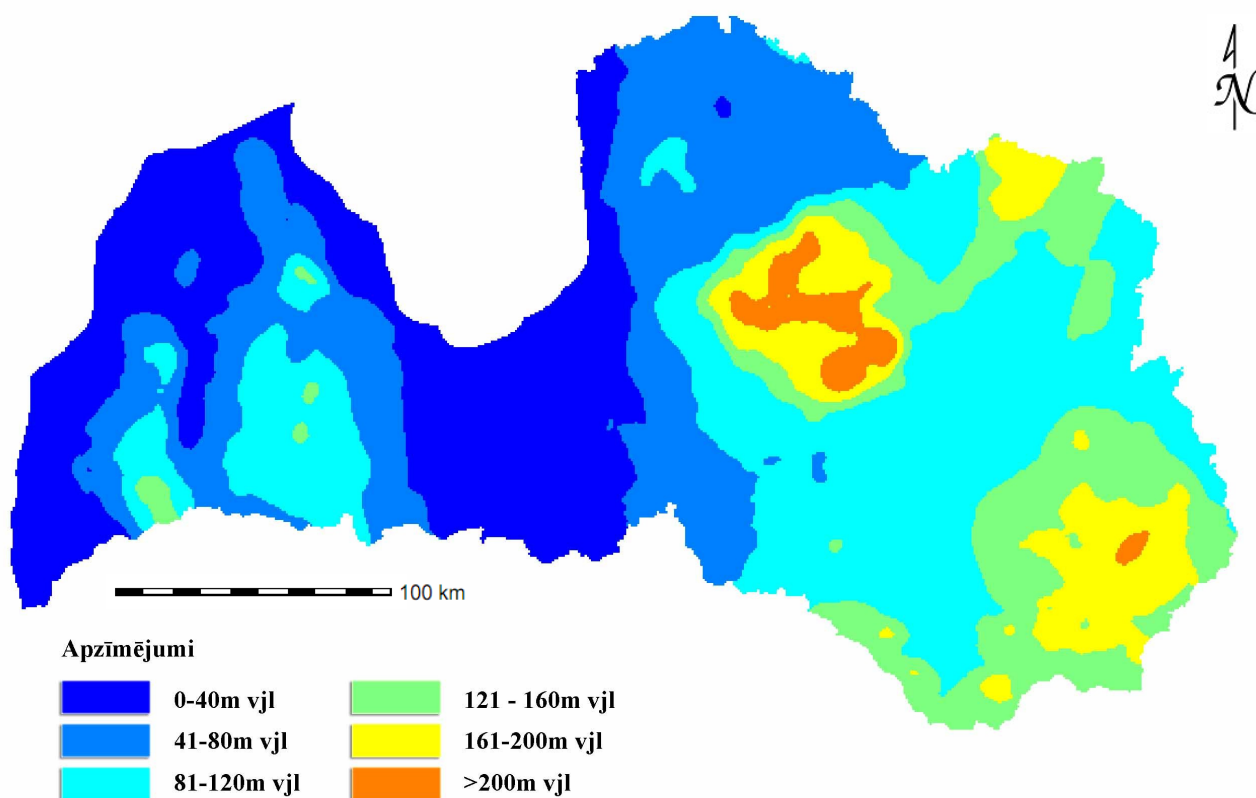
2.12. attēls. Izdalītie mēneši, kuros korelācijas koeficients ir augsts pret visām KI vērtībām (izņemot teritoriju ar KI vērtību 28)

negatīvu decembrī, ko var skaidrot ar šīs teritorijas sarežģīto ģeomorfoloģiju un iespējamo augsnes sasalumu kā galveno faktoru traucētajai gruntsūdeņu papildināšanai. Tā kā korelācija decembrī ir negatīva, tad, zinot gruntsūdeņu svārstību mehānismu ar nokrišņiem traucētas to papildināšanās gadījumā, šādi rezultāti (decembrī korelācija ir zemāka par tās vērtību novembrī) tikai pastiprina iepriekšminēto apgalvojumu par augsnes sasalumu kā galveno limitējošo faktoru gruntsūdeņu papildināšanā. Interpretējot šos attēlus ir jāsaprot, ka tie attēlo divu plakņu korelāciju telpā, kur viena raksturo IMVN GŪL un otra – nokrišņu daudzumu attiecīgajā mēnesī.

Aplūkotajos attēlos IMVN GŪL ar nokrišņu daudzumu saista iepriekš aplūkoti faktori, kuri ir atšķirīgi pēc KI izdalītajās teritorijās. Taču veģetācijas periodā gruntsūdens papildināšanās raksturu nosaka ne tikai augu segas īpašības – evapotranspirācija un atšķirīgi virszemes noteces režīmi, bet arī antropogēnā darbība. Pie tās pieskaitāms zemes lietojuma veids un ar to saistītie IMVN GŪL režīmu regulējošie inženiertehniskie drenāžas tīkli – gan grāvju sistēmas, gan atšķirīgas kvalitātes pazemes drenu sistēmas.

2.6 Reljefs kā nozīmīgs faktors starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL vērtībām

Darba ietvaros tika veikta Latvijas reljefa klasifikācija pēc absolūtā augstuma vērtības, izmantojot *CGIAR SRTM* digitālo augstuma modeli, kura izšķirtspēja ir 90 metri (*CGIAR SRTM*, 2004). Tika izvēlētas kategorijas ar 40 metru lielu vertikālo klasifikācijas soli, tādējādi Latvijas teritoriju sadalot 8 augstumu kategorijās – 0-40; 41-80; 81-120; 121-160; 161-200; 201-240; 241-280; 281-320 metri virs jūras līmeņa. Pielietojot rastra algebras augsto frekvenču filtru, karte tika atbrīvota no smalkajām vērtībām, kas sadrumstalotu tālākos aprēķinus izdalīto teritoriju ietvaros, līdz ar to tika atmesta augstākā kategorija 8 ar vērtībām 281-320 un apvienotas kategorijas 6 un 7. Tādējādi tika iegūtas 6 augstuma kategorijas, kur pēdējā aptver teritorijas, kuras ir lielākas par 201

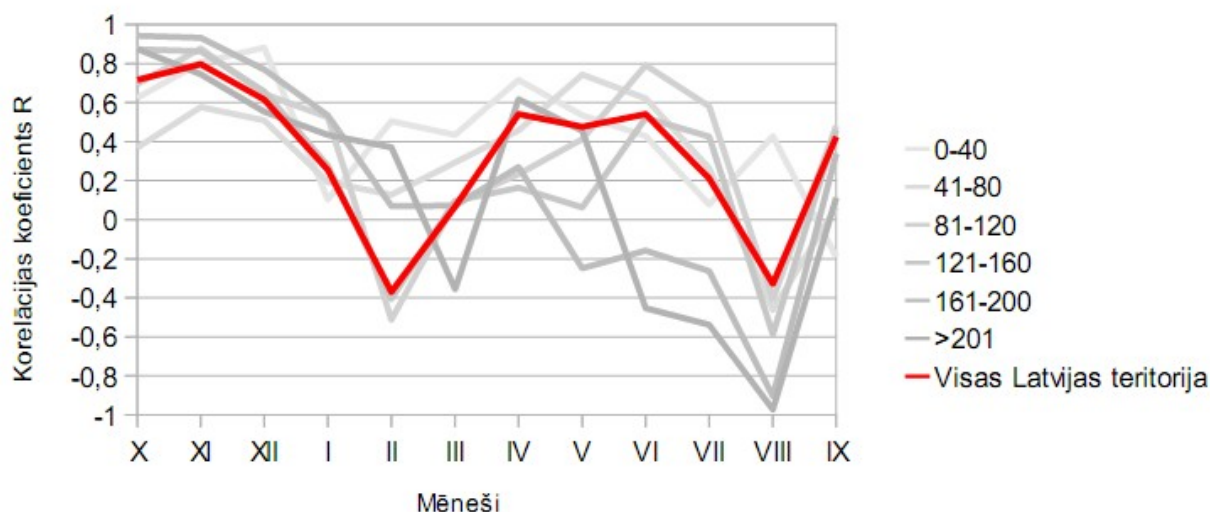


2.13. attēls. Latvijas teritorija, klasificēta pēc absolūtajiem augstumiem un vidējota ar 9x9 izmēra augsto frekvenču rastra filtru, tā atmetot sadrumstalotās vērtības.

metru virs jūras līmeņa (skatīt attēlu 2.13.).

Veicot korelāciju starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL, tika atrastas korelācijas katrai izdalītajai absolūtā augstuma kategorijai katrā mēnesī (skatīt attēlu 2.14., 46. lpp). Kā var redzēt, tad visās izdalītajās teritorijās visaugstākās korelācijas ir tuvas visas Latvijas teritorijas aprēķinātajai korelāciju vērtību izmaiņai. Rudens mēnešos – oktobrī un novembrī tās ir visaugstākās, bet ziemas un vasaras beigu mēnešos - samazinātas. Pēc absolūtā augstuma izdalītajās teritorijās korelācijas koeficientu atšķirības arīdžan parāda temporālas un telpiskas gruntsūdeņu un nokrišņu sakarības, taču nenoteiktība ir vērojama mazākā mērā, nekā klasificējot pēc KI vērtības. Tāpat kā aplūkojot kontinentalitātes ietekmi uz gruntsūdeņu papildināšanos ar nokrišņiem, var izdalīt piecus gruntsūdens papildināšanās raksturīgos periodus.

Taču savstarpēji starp izdalītajām kategorijām nav vērojamas tik izteiktas temporālās un korelācijas vērtību atšķirības. To var skaidrot ar nosacīti nevienmērīgo, pēc absolūtā augstuma izdalīto teritoriju novietojumu attiecībā pret KI vērtību. Teritorija, kas iekļaujas izdalītajā absolūtā augstuma kategorijā 0-40 m vjl, atrodas gan Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastē, gan arīdžan Zemgalē līdz pat Lietuvas robežai. Vismaz septiņās pēc KI vērtības izdalītajās teritorijās (22-28) ir iekļauta pēc minētā absolūtā augstuma izdalītā teritorija. Kopumā pēc platības tā aizņem aptuveni vienu ceturto daļu no visas Latvijas teritorijas. Pirmkārt, šāda izdalītās teritorijas telpiskā



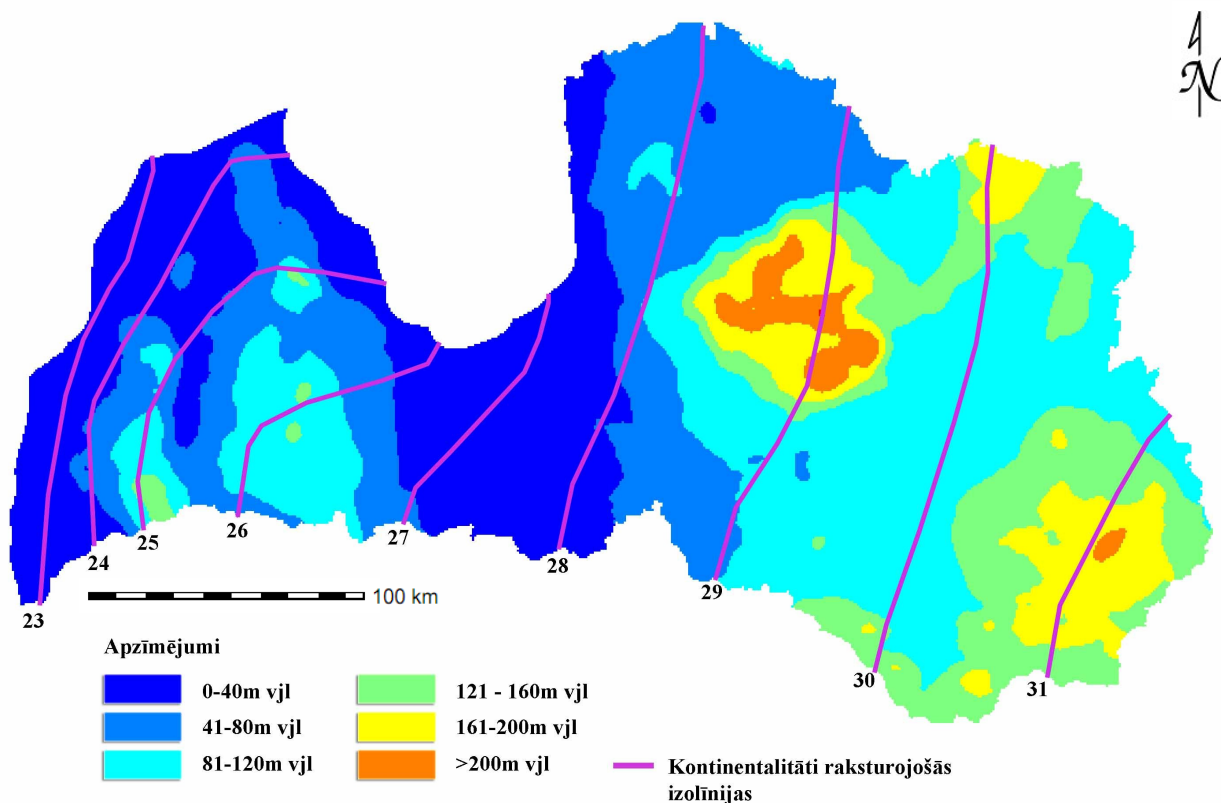
2.14. attēls. **Korelācijas koeficientu vērtību izmaiņas pa mēnešiem starp IMVN GŪL un nokrišņu daudzumu pēc absolūtā augstuma izdalītajās teritorijās un visas Latvijas teritorijā kopumā.**

konfigurācija un tai pielietotie aprēķini ļauj vidējot gruntsūdens papildināšanās ar nokrišņiem ietekmi, pāri visām pēc KI iekļautajām teritorijām. Otrkārt, absolūtais augstums ir kā aprēķinu limitējošais faktors, līdz ar to rezultāti atspoguļo tikai pēc izdalītā absolūtā augstuma teritorijā esošās ietekmes. Šie divi slēdzieni izskaidro, kāpēc 2.14. attēlā esošās līknes ir savstarpēji līdzīgas, un, attiecīgi, kāpēc 2.8. attēlā (40. lpp) savstarpēji līknēm ir tik ievērojamas atšķirības. Taču gruntsūdeņu papildināšanās ar nokrišņiem ietekmi var pētīt katrā izdalītajā absolūto augstumu teritorijā KI vērtības izdalītās teritorijas ietvaros (skatīt attēlu 2.15, 47. lpp). Šāds ieskats ir dots nākamajā apakšnodaļā, savukārt grafisko attēlojumu skatīt pielikumā 5.1.

2.7 Nokrišņu daudzuma un IMVN GŪL vērtību sezonālātes raksturojums pēc KI vērtības izdalītajās teritorijās

Teritorija, kurā KI vērtība ir vienāda ar 22, atrodas Latvijas rietumos, Baltijas jūras piekrastē, un pēc klasifikācijas un filtrēšanas tā ietver tikai vienu absolūtā augstuma kategoriju, kuras vērtība ir 0-40 mvjl. Pozitīva augsta korelācija ir no novembra līdz pat maijam un augustā. Šajā teritorijā ir izteikta mijiedarbība starp IMVN GŪL un nokrišņu daudzumu. Korelācija negatīvas vērtības sasniedz septembrī, oktobrī, jūnijā un jūlijā. Visos mēnešos korelācijas koeficienta vērtības ir tuvas tā ekstrēmiem – ja tās ir pozitīvas, tad tās ir tuvas vērtībai 1, bet ja negatīvas, tad tuvojas vērtībai -1. Augsto korelāciju var skaidrot ar zemo KI vērtību un piejūras klimatu. Vasaras perioda negatīvās korelācijas var izskaidrot ar evapotranspirācijas ietekmi uz gruntsūdeņu papildināšanos, savukārt tā kā augusts ir viens no ar nokrišņiem visbagātākajiem mēnešiem (otrs ir jūlijs), tad tas izskaidro nokrišņu pozitīvo korelāciju ar IMVN GŪL.

Teritorijā ar KI vērtību 23 var izdalīt divas absolūtā augstuma kategorijas (0-40 un 41-80



2.15. attēls. Latvijas teritorija, klasificēta pēc absolūtajiem augstumiem un vidējota ar 9x9 izmēra šūnu, tā atmetot sadrumstalotās vērtības un sadalīta pēc KI vērtības.

mvjl). Pēc abām augstuma kategorijām izdalītie korelācijas koeficienti ir tuvi viens otram, tādējādi norādot uz vienotu faktoru, kas ietekmē šo IMVN GŪL un nokrišņu daudzumu korelāciju. Taču, lai arī korelācijas koeficientu vērtības pa mēnešiem līdzinās pēc KI vērtības 22 izdalītās teritorijas korelācijas koeficientu vērtībām, aplūkojamās vērtības ir zemākas. Kategorijā 41-80 mvjl šis koeficients ir augstāks gandrīz visos mēnešos (izņemot pēc tā moduļa vērtības) un tas nozīmē, ka faktors, kas ietekmē korelācijas koeficientu, spēcīgāk izpaužas pēc absolūtā augstuma iedalītās augstākās teritorijās, taču to var arī dzan skaidrot ar šīs teritorijas mazo aprēķinu laukumu. Arī šajā teritorijā vērojama pozitīva korelācija augusta mēnesī, ko var izskaidrot ar šajā mēnesī palielināto nokrišņu daudzumu – ietekmētu gruntsūdeņu papildināšanos. Pielikumā 5.1. apkopoti pa mēnešiem pēc kontinentalitātes indeksa un absolūtā augstuma teritorijām izdalītie korelācijas koeficienti.

Teritorijā ar KI vērtību 24 var izdalīt četras absolūtā augstuma kategorijas (0-40, 41-80, 81-120, 121-160 mvjl). No novembra līdz martam ir augsts korelācijas koeficients visās pēc absolūtā augstuma kategorijas izdalītajās teritorijās, taču visilgāk – līdz jūnijam laba korelācija ir izdalītajā teritorijā ar augstāko absolūto augstuma kategoriju. Pirmajās divās augstuma kategorijās IMVN GŪL un nokrišņu korelācija ir līdzīga. Arī trešajā un ceturtajā izdalītajās augstuma kategorijās gruntsūdens un nokrišņu korelācija ir līdzīga. Taču starp šīm abām absolūto augstumu grupām savstarpēji ir vērojamas atšķirības sākot no maija līdz novembrim. Ir redzama korelācijas

koeficienta vērtības izmaiņu nobīde attiecībā pret izdalītajām teritorijām pēc absolūtajiem augstumiem. Pavasara un vasaras mēnešos korelācijas koeficienta vērtības sāk samazināties zemajās teritorijās ātrāk nekā augstajās; to pieaugums arīžan sākas ātrāk. Ja aplūko IMVN GŪL izmaiņas laikā, tad var redzēt sakarību, ka negatīva korelācija starp nokrišņiem un IMVN GŪL ir vērojama vasaras periodā, kad IMVN GŪL ir viszemākais.

Teritorijā ar KI vērtību 25 arī var izdalīt tādas pašas četras absolūtā augstuma kategorijas kā iepriekš aprakstītajā teritorijā. Arī šajā ir stipri līdzīgas korelācijas koeficienta izmaiņas pirmajās divās pēc absolūtā augstuma kategorijām izdalītajās teritorijās – ar augstu korelācijas koeficientu no oktobra līdz aprīlim un tā samazināšanos jūlijā. Šajā pēc KI vērtības izdalītajā teritorijā atrodas Rietumkursas augstienes austrumu daļa, Kursas zemene, Austrumkursas augstienes rietumu un centrālā daļa, kā arī liela daļa Ziemeļkursas augstiene. Iespējams, šīs teritorijas ietvertā ģeomorfoloģiskā uzbūve nosaka tik krasi atšķirīgās IMVN GŪL un nokrišņu korelācijas izdalot pēc absolūtajiem augstumiem.

Teritorijā ar KI vērtību 26 arī var izdalīt tādas pašas četras absolūtā augstuma kategorijas kā iepriekš aprakstītajās. Pirmās kategorijas teritorija atrodas vistuvāk līcim, tas aizņem arī daļu no Zemgales. Tajā novērojama augsta korelācija tikai oktobrī un martā, savukārt pārējās augsta korelācija ir no oktobra līdz pat martam. Iespējams, ka šādi rezultāti ir novēroto GŪL artefaktu ietekmēti, un tie ir diskutējami. Atšķirībā no iepriekš aprakstītajām teritorijām, aprīlī visās izdalītajās kategorijās ir zems korelācijas koeficients, savukārt vasaras mēnešos (maijs - augusts) starp tām ir augsta korelācijas koeficienta variabilitāte. Izdalītajās teritorijās ar absolūto augstumu no 41 līdz 160 m vjl, ziemas mēnešos ir augsta korelācija starp nokrišņiem un IMVN GŪL.

Teritorijā ar KI vērtību 27 var izdalīt trīs absolūtā augstuma kategorijas. Tā aizņem lielu daļu no Zemgales, kā arī Rīgas jūras līča Vidzemes piekrasti, ietverot arīžan Idumejas augstieni. Visā teritorijā ir līdzīga rakstura gruntsūdens papildināšanās ar nokrišņiem visos mēnešos. Gada pēdējos mēnešos (septembris – decembris) vērojams korelācijas vērtības pieaugums, ziemas mēnešos – kritums, kas saistīts ar augsnes sasaluma veidošanos, pavasarī – korelācijas vērtības kāpums, taču korelācija starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL ir neliela.

Teritorijā ar KI vērtību 28 var izdalīt visas klasificētās absolūtā augstuma kategorijas. Tā ir viskomplicētākā teritorija, kas ietver mazu daļu no Zemgales austrumiem, Vidzemes augstienes rietumu un centrālo daļu, un turpinās iestiepjosies Ziemeļvidzemes zemienē līdz pat Igaunijas robežai. Līdz ar to šajā teritorijā var labi saskatīt reljefa nozīmi vienas pēc KI izdalītās teritorijas ietvaros. Pirmā (0-40 m vjl) un ceturrtā (121-160 m vjl) pēc absolūtā augstuma iedalītās kategorijas parāda unikālu un atšķirīgu nokrišņu daudzuma un IMVN GŪL korelāciju. Taču pēc absolūtā

augstuma izdalītās korelācijas līkne (0-40 mvjl) ir stipri līdzīga blakus esošo pēc KI vērtības 27 izdalīto teritoriju atrastajai līknei (0-40 mvjl). Otrās (41-80 mvjl) un trešās (81-120 mvjl) kategorijas līknes ieņem līdzīgu raksturu; tāpat līdzīgu raksturu ieņem piektās (161-200 mvjl) un sestās (>201 mvjl). Savstarpēji šīs divas grupas (otrā un trešā kategorija kā pirmā grupa un piektā un sestā kategorija kā otrā grupa) ir atšķirīgas. Tas liecina par to, ka iespējams ceturrtā absolūto augstumu kategorija (121-160 mvjl) ir aprēķinos ietvertās teritorijas sliekšnis, kurā izpaužas atšķirīgi gruntsūdeņu papildināšanās ar nokrišņiem noteicošie faktori.

Teritorijā ar KI vērtību 29 tiek ietvertas visas augstumu kategorijas, izņemot pirmo (0-40 m). Tā ietver Austrumlatvijas zemienes dienvidu un centrālo daļu, Vidzemes augstienes austrumu daļu, Gulbenes pauguraini un Vidusgaujas zemieni līdz pat Igaunijas robežai. Tā ietver arī Alūksnes augstienes rietumu daļu. Šo teritoriju, tās ietverto dabas apvidu dēļ, arī var uzskatīt par ģeomorfoloģiski sarežģītu. Visas kategorijas, izņemot otro (41-80 m) uzrāda līdzīgas tendences un augstu korelācijas koeficienta vērtību rudens un ziemas mēnešos. Vasarā visās pēc absolūtā augstuma izdalītajās teritorijās ir atšķirīgas ietekmes starp GŪL izmaiņām un nokrišņu daudzumu.

Teritorijā ar KI vērtību 30 ir izdalāmas tikai trīs augstumu kategorijas, sākot no trešās (81-120 m) līdz piektajai (161-200 m). Arī šī teritorija ir sarežģīta pēc tās ģeomorfoloģiskās uzbūves. Tā ietver sevī divas augstieņu daļas – Alūksnes augstienes centrālo un austrumu daļu un Latgales augstienes rietumu un ziemeļu daļu. Tā ietver arī Austrumlatvijas zemienes ziemeļu daļu un šauru tās austrumu daļas joslu. Visās trijās izdalītajās kategorijās ir novērojamas līdzīgas korelācijas koeficienta izmaiņu tendences pa visiem mēnešiem. Ceturrtās un piektās augstumu kategorijas izdalītajās teritorijās korelācija, neraugoties uz to, ka tās ietver divas atsevišķas augstienes, starp kurām atrodas zemiene, ir savstarpēji līdzīgākas, nekā trešās kategorijas izdalītā teritorija, kas apstiprina reljefa nozīmi nokrišņu daudzuma ietekmei uz GŪL.

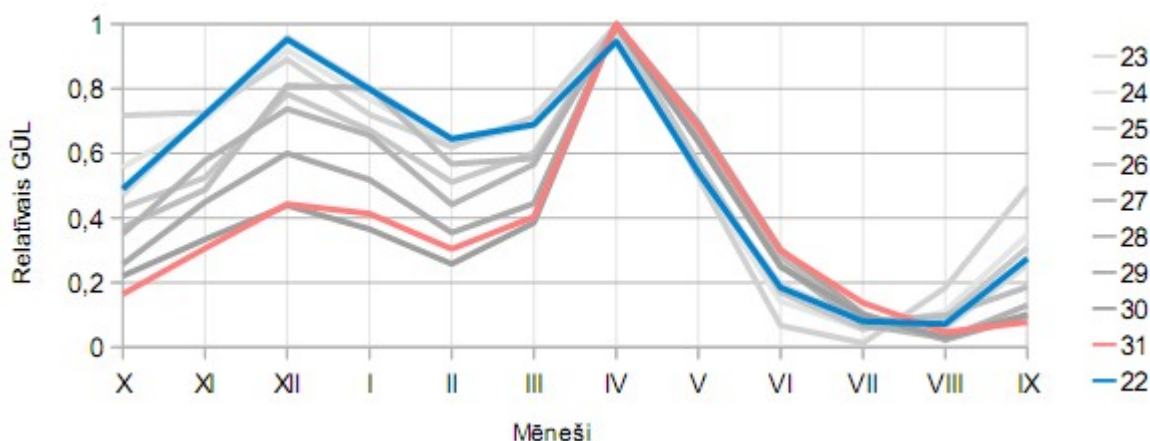
Teritorijā ar KI vērtību 31 ir izdalāmas četras augstumu kategorijas, sākot no trešās (81-120 m) līdz sestajai (>201 m). Šī teritorija aizņem mazu daļu no Latgales - tā ietver sevī Latgales augstienes centrālo, dienvidu, ziemeļaustrumu un austrumu daļu. Izdalītās teritorijas ziemeļos atrodas Zilupes līdzenums un Mudavas zemiene. Veicot aprēķinus, šo pēdējo dabas apvidu teritorijas (izdalītās augstumu kategorijas 81-120 m) uzrāda temporālu nobīdi rudens-ziemas mēnešos. Izdalītās teritorijas pēc augstumu kategorijām, kuras ir lielākas par 121 m, savstarpēji uzrāda augstu korelācijas koeficientu sakritību šajās teritorijās.

Iegūtie rezultāti visnotaļ atspoguļo nokrišņu daudzuma ietekmi uz gruntsūdeņiem un to atkarību no augstumu kategorijas, kurā ir veikti aprēķini. Gruntsūdeņu infiltratīvās barošanās lielums ir atkarīgs no to līmeņu ieguluma dziļuma.

2.8 Ilggadīgās mēnešu vidējās normalizētās novēroto GŪL vērtības teritorijās ar atšķirīgu KI vērtību

Iepriekšējās nodaļās tika pierādīta kontinentalitātes un reljefa nozīmība uz korelāciju un tās izmaiņām starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL pa mēnešiem. Apkopojot visu pēc KI vērtības izdalīto teritoriju IMVN GŪL, par kontinentalitātes ietekmi uz to līmeņiem var spriest gan pēc atšķirīgajām temporālajām aizturēm, gan arī pēc atšķirīgajiem IMVN GŪL. Tā piemēram, attēlā 2.16 var redzēt, ka teritorijās ar zemāku KI vērtību, aprēķinātais IMVN GŪL ir augstāks, nekā teritorijās ar augstāku KI vērtību. Šajā attēlā līknes atbilst Latvijas gruntsūdens režīma klasiskajām likumsakarībām - ir atrodams pirmspavasara kritums, pavasara kāpums, vasaras-rudens kritums un rudens-ziemas kāpums (Толстов Я. Б., 1986). Pēc šī attēla var izdalīt gruntsūdens režīma izmaiņas. IMVN GŪL rudens-ziemas kāpums ir laika periodā starp vasaras minimumu un ziemas maksimumu, IMVN GŪL pirmspavasara kritums ir starp IMVN GŪL ziemas maksimumu (decembrī) un minimumu (februārī), IMVN GŪL pavasara kāpums ir starp ziemas minimumu (februārī) un pavasara maksimumu (aprīlī), kā arī IMVN GŪL vasaras-rudens kritums ir starp pavasara maksimumu un vasaras minimumu. Tātad var izdalīt arī četrus raksturīgus IMVN GŪL ekstrēmumus – ziemas maksimumu (parasti decembrī), ziemas minimumu (februārī), pavasara maksimumu (parasti aprīlī) un vasaras minimumu (jūlijā un augustā).

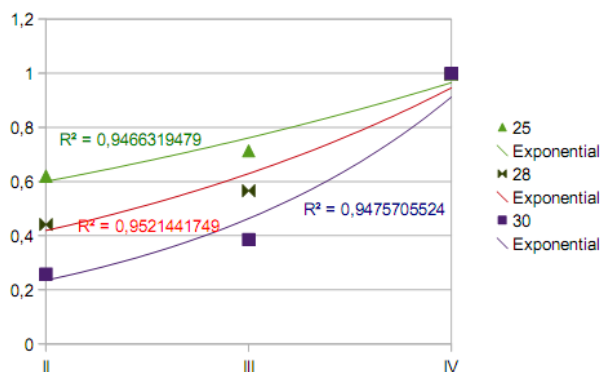
Decembrī IMVN GŪL pret novembra IMVN GŪL ir pacēlušies visā Latvijas teritorijā un ir novērojams IMVN GŪL ziemas maksimums. Latvijas rietumu daļā ziemās biežāk ir atkušņi, kas arī ir galvenais atšķirīgo IMVN GŪL iemesls pār Latvijas teritoriju. No decembra līdz februārim visās



2.16. attēls. Visu pēc KI vērtības izdalīto teritoriju novērotie IMVN GŪL pa mēnešiem. Īpaši izceltas ir teritorijas ar ekstrēmām KI vērtībām; zilā krāsā ar viszemāko (22) un sarkanā krāsā ar visaugstāko KI vērtību (31). Līknes nesasniedz 0 un 1 vērtību, jo raksturo katras kontinentalitātes teritorijas visa laukuma vidējo IMVN GŪL vērtību. Teorētiski visa laukuma maksimālā IMVN GŪL vērtība attiecīgā mēnesī sasniegs vērtību 1, un minimālā – vērtību 0. Katras pēc KI vērtības izdalītās teritorijas statistiskās vērtības ir dotas pielikumā 6.1.

izdalītajās teritorijās vidējais IMVN GŪL lēzeni krītas. Šajos mēnešos temperatūras režīms, kas nodrošina nokrišņu uzkrāšanos sniega segā un augsnes sasalumu, neļauj papildināt gruntsūdeņus.

Janvārī IMVN GŪL pret decembra IMVN GŪL ceļas tikai Latvijas centrālajā, Rīgas jūras līča Vidzemes piekrastē un dienvidaustrumu daļā; šīs teritorijas šajā mēnesī sasniedz ziemas IMVN GŪL maksimumu. Februārī un martā vērojams IMVN GŪL pieaugums visās pēc KI vērtības izdalītajās teritorijās, pie tam šajos mēnešos un aprīlī IMVN GŪL pieaugumu var raksturot eksponenciāli (skatīt attēlu 2.17.).



2.17 attēls. Trīs pēc KI vērtības izdalītu teritoriju IMVN GŪL februārī, martā un aprīlī. Šajos mēnešos notiekošos gruntsūdens pieaugumus var raksturot eksponenciāli.

Februāra IMVN GŪL pret janvāra IMVN GŪL ir krities visas Latvijas teritorijā, savukārt marta IMVN GŪL pret februāra IMVN GŪL ir pieaugošs gandrīz visā Latvijas teritorijā, izņemot Zemgalē, kur tas joprojām ir krītošs. Februārī un martā visstraujāk IMVN GŪL pieaug Latvijas austrumos, teritorijās, kur ir augstāka KI vērtība. IMVN GŪL maksimums tiek sasniegts aprīlī visā Latvijas teritorijā, un aprīļa IMVN GŪL pret februāra IMVN GŪL ir pieaugoši visā Latvijas teritorijā. Martā ātrāks IMVN GŪL kāpums sākas Latvijas rietumos un Rīgas jūras līča Vidzemes piekrastē, savukārt vēlāk tas sāk pieaugt Latvijas ziemeļaustrumu teritorijās, kur IMVN GŪL ir zemāks.

Maijā var redzēt zemākus vidējos IMVN GŪL Latvijas rietumos nekā Vidzemes augstienē un Latvijas dienvidaustrumu teritorijās, kas norāda uz novēloto IMVN GŪL kritumu, analizējot Latvijas teritoriju kopumā. Rīgas un tai pieguļošajos rajonos maijā ir vērojams IMVN GŪL kāpums attiecībā pret aprīļa IMVN GŪL, kamēr visā pārējā Latvijas teritorijā vērojams IMVN GŪL kritums. Iespējams, šādi no kopējā konteksta izlecoši rezultāti ir novēroto IMVN GŪL artefakti un diskutējami atsevišķi. IMVN GŪL ir sasnieguši maksimumu visā Latvijas teritorijā jau aprīlī, taču maija IMVN GŪL attiecībā pret aprīļa IMVN GŪL šajā teritorijā ir augstāki un tikai maijā sasnieguši savu maksimumu. Straujāks IMVN GŪL kritums novērojams teritorijās ar zemāku KI vērtību.

Jūnijā un jūlijā visā Latvijas teritorijā šo mēnešu IMVN GŪL krītas, pie tam straujāk vasaras minimums tiek sasniegts Latvijas rietumos. Jūnijā, galvenokārt centrālajās Kurzemes teritorijās, IMVN GŪL ir krities pat zem 0,1, kamēr Latvijas dienvidaustrumos un teritorijās ap Vidzemes augstieni šī vērtība ir virs 0,4. Jūlijā gandrīz visā Kurzēmē IMVN GŪL ir zem 0,1, tikai Ventspils apkārtnē izdalītas teritorijas, kur IMVN GŪL vērtības ir starp 0,1 un 0,2. Latvijas austrumu daļā

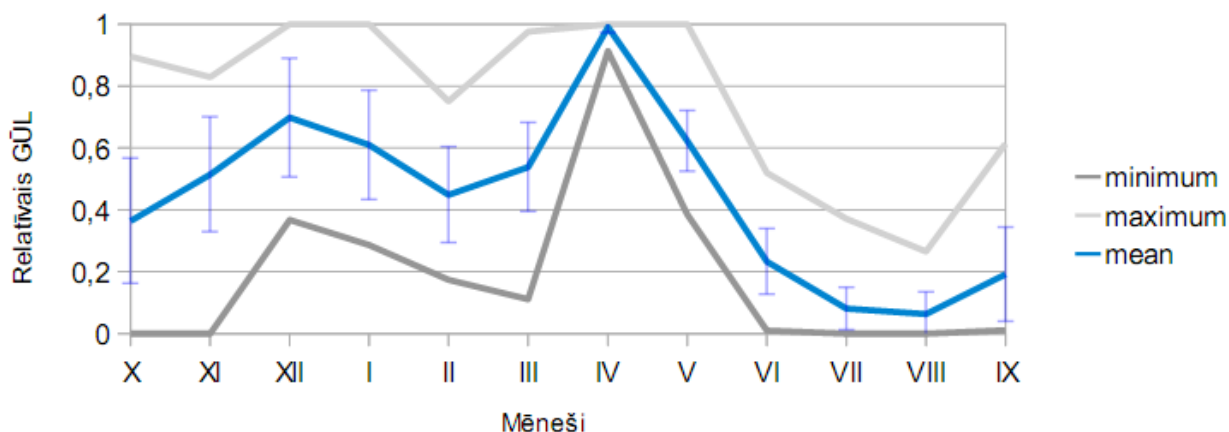
IMVN GŪL turpina kristies, taču salīdzinoši šajās teritorijās jūlija vidējais IMVN GŪL ir augstāks. Jūnijā, jūlijā un arī augustā IMVN GŪL kopumā ir zemāki teritorijās ar zemāku KI vērtību.

Augustā visā Latvijas austrumu daļā, kā arī daļā Vidzemes un Kurzemes ziemeļos IMVN GŪL ir sasniedzis minimumu un ir mazāks par 0,1. Taču Dienvidkurzemē un Kurzemes centrālajā daļā ir vērojams IMVN GŪL kāpums. Šis kāpums novērojams arī dzim Rīgas pilsētas apkārtnē un iestiepias Ziemeļvidzemē.

Septembrī ir novērojams IMVN GŪL vērtību kāpums visā Kurzemē, kur visaugstākais mēneša vidējais līmenis ir Austrumkursas augstienes ziemeļu teritorijā ar vērtību starp 0,6 un 0,7. Kurzemes dienvidos IMVN GŪL sasniedz 0,3 līdz 0,4, savukārt Kurzemes ziemeļos – 0,2 līdz 0,4. Lai arī visās pēc KI vērtības izdalītajās teritorijās septembra IMVN GŪL vērtības ir augstākas par augusta IMVN vērtībām, tomēr var izdalīt teritorijas, kurās IMVN GŪL septembrī ir krītošs attiecībā pret tā vērtībām augustā. Latvijas austrumos IMVN GŪL joprojām ir krītošs attiecībā pret augusta IMVN GŪL; pie tam šajā teritorijā tas ir krītošs arī dzim oktobrī attiecībā pret tā vērtībām septembrī. Savukārt kā otru teritoriju, kurā ir krītoši IMVN GŪL, var izdalīt teritoriju, kas ietver Zemgales ziemeļu daļu, Rīgas pilsētu un iestiepias Vidzemē. Teritorijās ar zemāku KI vērtību IMVN GŪL pieaugums septembrī, oktobrī un novembrī ir daudz straujāks, nekā teritorijās ar augstāku kontinentālo indeksu.

Oktobrī ir vērojams straujš IMVN GŪL kāpums Kurzemē un Ziemeļvidzemē. Novembrī tas turpinās un pieaug gandrīz visā Latvijas teritorijā, izņemot Kurzemes vidieni, kur IMVN GŪL vērtības attiecībā pret oktobra vērtībām samazinās.

Aplūkojot visas Latvijas teritorijas pa mēnešiem vidējos, minimālos un maksimālos IMVN GŪL (skatīt attēlu 2.18., 53. lpp), var redzēt, ka pastāv ievērojama IMVN GŪL standartnovirze gandrīz visos mēnešos, izņemot aprīli. IMVN GŪL standartnovirzes lielums raksturo to, cik ļoti pār Latvijas teritoriju kopumā ir atšķirīgi IMVN GŪL. Tā piemēram, visaugstākā standartnovirze ir rudens-ziemas mēnešos, sākot ar septembri līdz pat martam. Tas nozīmē, ka šajos mēnešos visā Latvijas teritorijā ir ievērojamas novirzes no vidējā IMVN GŪL. Aplūkojot pa mēnešiem visas Latvijas minimālos un maksimālos IMVN GŪL kontekstā ar tā vidējām vērtībām un standartnovirzēm, var secināt, ka ir mēneši, kuros kādā Latvijas teritorijā IMVN GŪL ir tuvs tā minimumam un kādā – tuvs tā maksimumam. Tomēr, interpretējot šādus rezultātus, ir jāņem vērā, ka, ja rezultātos pastāv kādi artefakti, tad tie spēcīgi iespaidos IMVN GŪL statistiskos parametrus. Katrai pēc KI vērtības izdalītajai teritorijai statistiskie parametri ir attēloti pielikumā 6.1., savukārt diagrammas ir attēlotas pielikumā 6.2. Pielikumā 6.3. ir uzskatāmi attēlots novērojumu apkopotais IMVN GŪL visā Latvijas teritorijā.



2.18. attēls. Vidējie, minimālie un maksimālie atskaites periodā novērotie IMVN GŪL un to standartnovirzes visā Latvijas teritorijā.

Teritorijā ar KI vērtību 22 mēnešu minimālās un maksimālās IMVN GŪL vērtības ir tuvas to vidējām vērtībām. Maksimums tiek sasniegts decembrī un aprīlī, pie tam to vērtības ir tuvas. Vislielākā standartnovirze ir septembrī un oktobrī, vismazākā – maijā.

Teritorijā ar KI vērtību 23 mēnešu minimālās un maksimālās IMVN GŪL vērtības arī ir tuvas to vidējām vērtībām. Arī šajā teritorijā maksimums tiek sasniegts decembrī un aprīlī, un to vērtības ir tuvas. Vislielākā standartnovirze ir augustā, septembrī un oktobrī, vismazākā – maijā.

Teritorijā ar KI vērtību 24 mēnešu minimālās un maksimālās IMVN GŪL vērtības ir tuvas tikai aprīlī un maijā. Ziemas mēnešos IMVN GŪL vidējā vērtība ir tuvāka maksimālajai vērtībai, taču vasaras mēnešos – tuvāka minimālajai vērtībai. Decembra vidējā IMVN GŪL vērtība ir zemāka par aprīļa vērtību. No augusta līdz pat martam standartnovirzes ir ievērojami lielākas nekā teritorijās ar zemāku KI vērtību.

Teritorijā ar KI vērtību 25 minimālās un maksimālās IMVN GŪL vērtības ir tuvas aprīlī, maijā, jūnijā un jūlijā. Ziemas mēnešos IMVN GŪL vidējā vērtība ir tuvāka maksimālajai vērtībai, taču vasaras mēnešos – tuvāka minimālajai vērtībai. Decembra vidējā IMVN GŪL vērtība ir zemāka par aprīļa vērtību. No augusta līdz pat martam standartnovirzes ir ievērojami lielākas nekā teritorijās ar zemāku KI vērtību. Ziemas mēnešos gan minimālās, gan maksimālās vērtības ir zemākas, nekā teritorijās ar zemāku KI vērtību.

Teritorijā ar KI vērtību 26 mēnešu vidējās, minimālās un maksimālās IMVN GŪL vērtības ir tuvas tikai aprīlī, maijā, jūnijā un jūlijā. Visos mēnešos ir augstas standartnovirzes; viszemākā ir decembrī. Ziemas maksimuma IMVN GŪL vērtība krītas attiecībā pret iepriekš aplūkotajām teritorijām. Aplūkojot atsevišķi maksimālās vērtības, var redzēt, ka tā ziemas maksimumu sasniedz nevis decembrī, bet gan janvārī. Martā ir redzams krass minimālo vērtību kritums, taču vidējās

vērtības ir tuvāk maksimālajām.

Teritorijā ar KI vērtību 27 mēnešu vidējās IMVN GŪL vērtības ir tuvas minimālajām vērtībām. Visaugstākās standartnovirzes ir vērojamas novembrī un martā, bet viszemākās – decembrī. Ir ievērojamas amplitūdu atšķirības pa mēnešiem.

Teritorijā ar KI vērtību 28 mēnešu vidējās, minimālās un maksimālās IMVN GŪL vērtības ieņem līdzīgu formu gandrīz visos mēnešos, izņemot aprīli. Amplitūda starp minimālajām un maksimālajām vērtībām palielinās rudens mēnešos un relatīvi samazināta tā ir mēnešos pēc aprīļa. Vislielākā standartnovirze ir vērojama maijā un novembrī.

Teritorijā ar KI vērtību 29 līdzīgi kā iepriekš aprakstītajās teritorijās, vislielākā amplitūda starp mēnešu minimālo un maksimālo IMVN GŪL vērtībām ir rudens mēnešos, ar vislielāko standartnovirzi decembrī. Ziemas mēnešu vidējā IMVN GŪL vērtība, attiecībā pret teritorijām ar zemāku KI, ir samazināta. Šajā teritorijā ziemas maksimums decembrī nepārsniedz vērtību 0,6, savukārt iepriekš aprakstītajās teritorijās tā vērtība ir lielāka par 0,7.

Teritorijā ar KI vērtību 30 vidējo IMVN GŪL ziemas maksimums joprojām ir novērojams decembrī, taču arī šeit novērojams tā samazinājums, kā arī samazināta minimālo-maksimālo vērtību amplitūda (izteiktāks ziemas mēnešos) attiecībā pret teritorijām ar zemāku KI. Visaugstākās standartnovirzes ir vērojamas maijā, jūnijā, jūlijā, oktobrī un novembrī, savukārt viszemākās – martā un aprīlī.

Teritorijā ar KI vērtību 31 IMVN GŪL raksturojums ir līdzīgs, taču vēl izteiktāks, kā iepriekš aprakstītajai teritorijai ar KI vērtību 30. Ir vērojams mēnešu maksimālo IMVN GŪL vērtību samazinājums ziemas periodos, viszemākā standartnovirze ir martā un aprīlī, savukārt visaugstākās – jūnijā, oktobrī un novembrī.

2.9 Pētījumā veiktais GŪL modelēšanas raksturojums

GŪL svārstību modelēšanā tiek apvienota gruntsūdens absolūto līmeņu modelēšana ar iepriekš aprakstīto novēroto GŪL datu rindu normalizācijas metodiku. Lai veiktu GŪL modelēšanu, tika izmantota A.Zīverta izveidotā programma *Metul*, par kuras uzlabojumiem var lasīt nodaļā 1.7.1. Katrai no 25 izdalītajām urbumu grupām tika izvēlēti viena urbuma GŪL novērojumi, kas savukārt tika izmantoti šī urbuma modelēšanai kalibrācijas procesa laikā. Šiem novērojumiem ir jāatbilst kritērijiem, kas ļauj veiksmīgi veikt urbumu kalibrāciju:

- dienām, kurās veikti GŪL novērojumi, ir jāsakrīt ar dienām, kurās pieejami modelēšanai nepieciešamie meteoroloģiskie dati;
- novērojumos nedrīkst būt dažādi artefakti, kas saistīti ar:
 - specifiskiem urbumu īpašību mērījumiem (piemēram, urbumu atsūkņēšanu);
 - krasu zemes lietojuma veida maiņu;
 - inženiertehnoloģisku būvju ierīkošanu (piemēram, HES, dambju izbūves);
 - meliorācijas sistēmu un grāvju ierīkošanu.

Katrā urbumā esošās GŪL svārstības *Metul* programmā var raksturot ar 20 parametriem, pie tam šie parametri nav laikā mainīgi, kas arī ir galvenais iemesls iepriekš aprakstīto novēroto GŪL datu rindu kritēriju izstrādei. Kopumā kalibrēšanas procesā atrastie parametri ietilpst iepriekšējos pētījumos veikto parametru robežās, ar dažiem izņēmumiem. Kalibrējot vislabākā sakritība tika meklēta galvenokārt pēc R^2 vērtības, taču loģiski analizējot arī statistisko vērtību atšķirības starp novērojumiem un modelētajiem datiem, kā arī vērtējot iegūtos rezultātus grafoanalītiski. Katras urbumu grupas izvēlēto urbumu raksturojošos *Metul* parametrus, R^2 koeficientus starp novērojumiem un modelētajiem GŪL, kā arī statistiskās vērtības var aplūkot pielikumā 10.1.

Modelētie GŪL tika transformēti uz IMVN GŪL pēc tādas pašas metodikas, kā novērotie GŪL. Salīdzinājums starp IMVN modelētajiem un novērotajiem GŪL ļauj spriest par *Metul* modeļa spēju atspoguļot GŪL sezonālās svārstības. Aplūkojot korelācijas koeficientus starp IMVN modelētajiem un novērotajiem GŪL var redzēt, ka ne visos gadījumos tie ir augstāki, nekā tad, ja tiek salīdzināti korelācijas koeficienti starp ikdienas absolūtajiem modelētajiem un novērotajiem GŪL. Taču tas neļauj viennozīmīgi apgalvot, ka *Metul* modelis nav pielietojams instruments arīdzan GŪL sezonālo svārstību raksturošanai. Pielikumā 10.1 ir apkopoti modeļa *Metul* izmantotie parametri katrai grupai un aprēķināti iepriekš minētie korelācijas koeficienti.

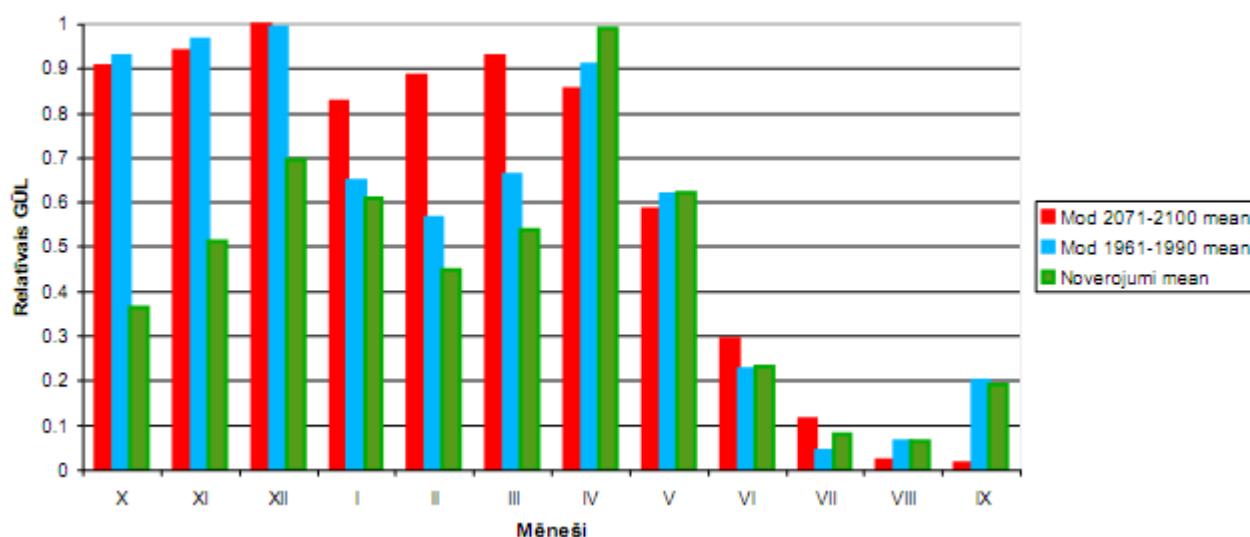
Katrai urbumu grupai izvēlēto urbumu raksturojošie parametri tiek pielietoti, lai modelētu urbumu grupas punktā esošo GŪL un raksturotu tā svārstības. Tā kā novērojumu periodā novērojumu rindas bija nepilnīgas, taču pieņemtas kā šo atskaite periodu raksturojošas, modelēto

un novēroto datu salīdzinājums ļauj arī novērtēt novēroto GŪL datu rindu nepilnību ietekmi.

Modelējot urbumu grupas punktā esošo GŪL nākotnei un raksturojot nākotnes perioda GŪL svārstības, ir iespējams analizēt atšķirības un klimata mainības ietekmi uz tām. Darba gaitā, gan atskaides periodam (1961.-1990. gads), gan nākotnes periodam (2071.-2100. gads) tika izvēlēti meteoroloģiskie dati no Latvijai adaptētā klimata projekcijas (Sennikovs, 2009), kurā kā reģionālais klimata modelis ir izmantots *HIRHAM*, savukārt globālais klimata modelis – *ARPEGE*.

2.10 Sezonālās GŪL svārstību atšķirības

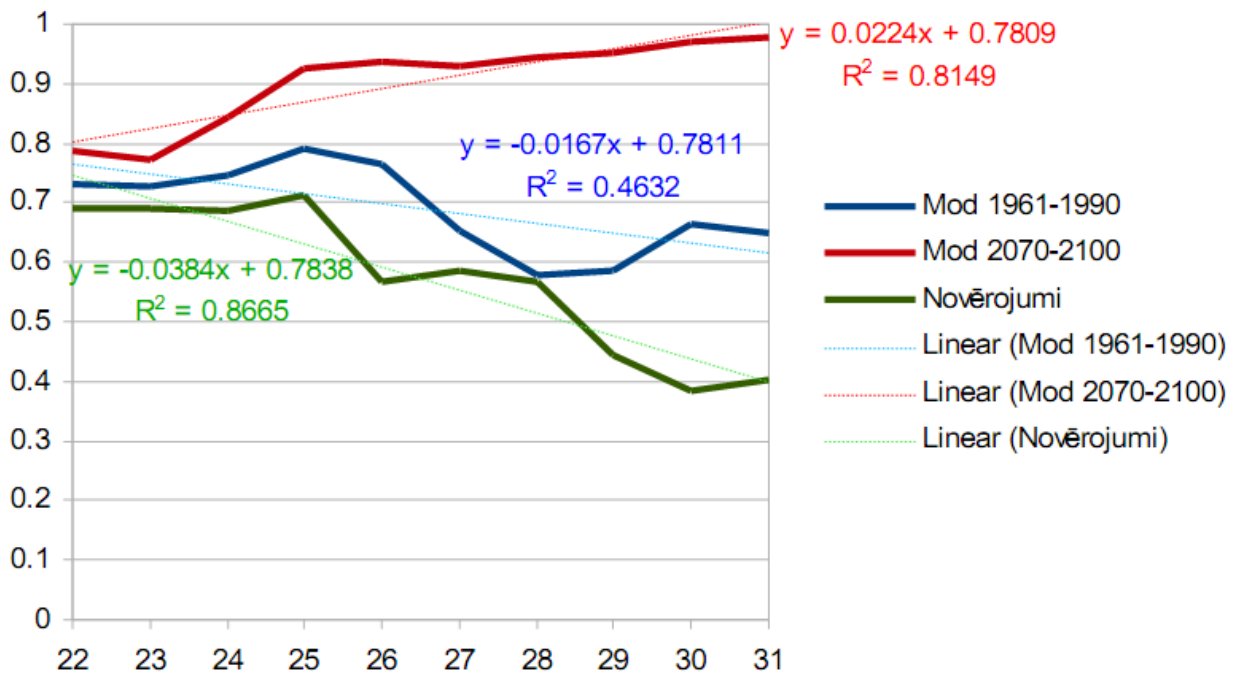
Iegūtos rezultātus var savstarpēji salīdzināt, tādējādi gūstot izpratni par modelēto rezultātu atbilstību novērojumiem viena perioda ietvaros un atšķirībām starp rezultātiem atšķirīgu periodu ietvaros. Attēlā 2.19. ir parādīti visu aplūkoto periodu apkopotie visas Latvijas teritorijas vidējie



2.19. attēls. Visā Latvijas teritorijā aprēķinātie vidējie IMVN GŪL pa mēnešiem. Zaļā krāsā – atskaides periodā apkopotie novērojumi, zilā krāsā – atskaides periodā apkopotie modelētie rezultāti un sarkanā krāsā – nākotnes periodā apkopotie modelētie rezultāti.

IMVN GŪL. Attēlā var redzēt, ka var izdalīt četrus savstarpēji atšķirīgus periodus. No oktobra līdz decembrim samērā līdzīgi ir atskaides un nākotnes periodā modelētie dati, taču novērojumi atskaides periodā atšķiras. No janvāra līdz martam stipri līdzīgi ir atskaides perioda modelētie dati ar apkopotajiem novērojumiem. Savukārt no aprīļa līdz jūlijam gan atskaides, gan nākotnes periodā modelētie IMVN GŪL ir samērā tuvi apkopotajiem novērojumiem. Taču augustā un septembrī nākotnes periodā modelētie IMVN GŪL ir izteikti zemāki, nekā atskaides periodā modelētie IMVN GŪL un apkopotie novērojumi. Šādi analizēt un līdzīgus periodus var izdalīt, aplūkojot maksimālos un minimālos IMVN GŪL (skatīt pielikumu 9.1).

Ir vērts aplūkot katra izdalītā ilggadīgo vidējo vērtību perioda izmaiņas pār kontinentalitāti. Šāda informācija dod padziļinātu priekšstatu par kontinentalitātes ietekmi uz GŪL, atšķirībām starp



2.20. attēls. Normalizēti ilggadīgie vidējie marta mēneša GŪL atkarībā no KI vērtības trijos aprēķinu periodos. Zilā krāsā - modelētie atskaides perioda rezultāti, zaļā - apkopotie novērojumi un sarkanā - modelētie nākotnes perioda aprēķini. Diagrammas pārējiem mēnešiem var aplūkot pielikumā 9.2.

izdalītajiem ilggadīgajiem periodiem aplūkojamā mēneša ietvaros. Tā piemēram, attēlā 2.20. ir izdalīts marta mēnesis un veikta lineārās regresijas analīze apkopotajiem IMVN GŪL novērojumiem un atskaides un nākotnes periodā veiktajiem modelētajiem IMVN GŪL. Var redzēt, ka teritorijās ar augstāku KI, atskaides perioda datiem ir negatīva regresija; IMVN GŪL teritorijā ar zemāku KI ir augstāki, nekā teritorijā ar augstāku KI. Taču nākotnes periods uzrāda pozitīvu regresiju. Lai izskaidrotu šādas atšķirības, ir nepieciešams aplūkot situāciju temporālā kontekstā. Iepriekšējo un nākošo mēnešu IMVN GŪL atkarība no KI šajos aprēķinu periodos ir dota pielikumā 9.2. Atskaides periodā vēl nav sasniegts pavasara maksimums, taču nākotnes periodā teritorijās ar zemāku KI tas jau ir sasniegts vai vispār netiek sasniegts, un IMVN GŪL ir krītoši, savukārt teritorijās ar augstāku KI martā tiek sasniegts pavasara maksimums.

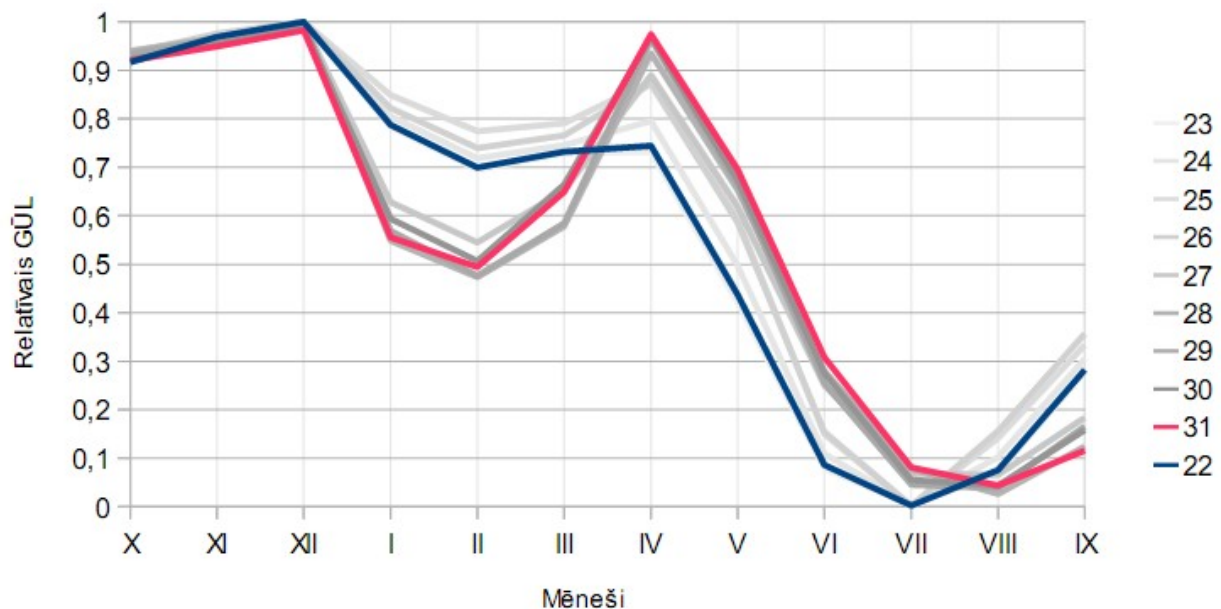
2.10.1 Novēroto un modelēto IMVN GŪL salīdzinājums atskaides perioda ietvaros

Aplūkojot normalizētos ilggadīgos mēneša vidējos novērotos (attēlā 2.16., 50. lpp) un modelētos IMVN GŪL (attēls 2.21., 58. lpp) pa izdalītajām teritorijām pēc KI vērtības, var redzēt, ka gan novērojumiem, gan modelētajiem IMVN GŪL ir izdalāmi ziemas un pavasara maksimumi un vasaras minimumi. Tāpat līdzīgas ir vasaras minimumu temporālās nobīdes – teritorijās ar augstāku KI šis minimums tiek sasniegts vēlāk – augustā, savukārt teritorijās ar zemāku KI vērtību

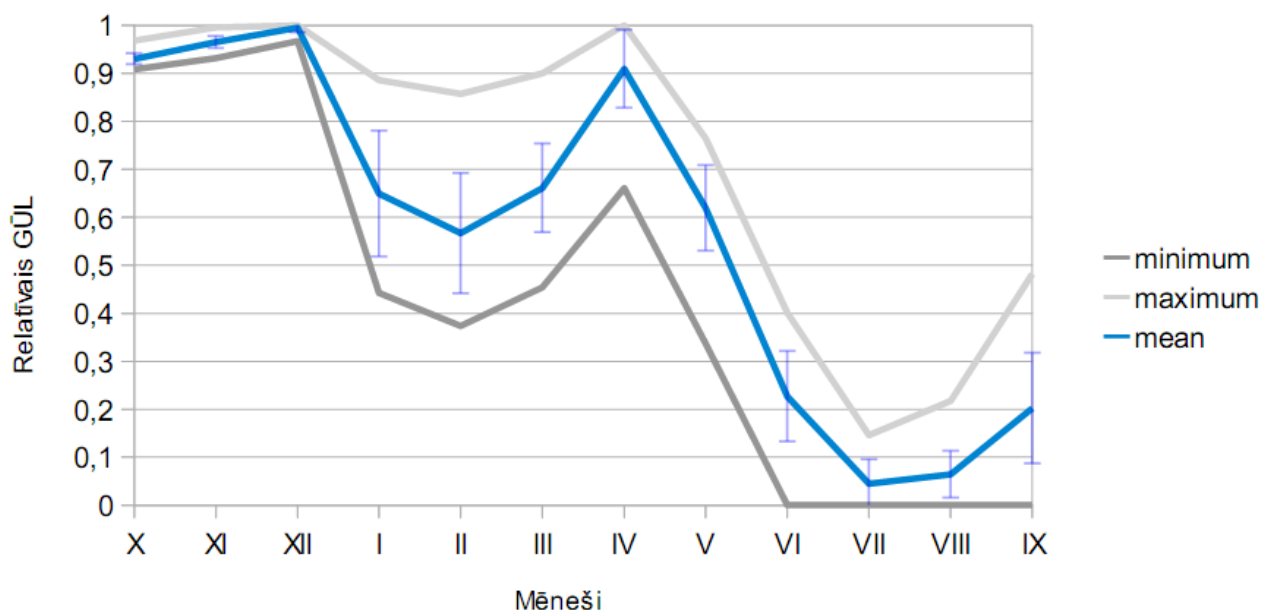
tas tiek sasniegts jau jūlijā. Arī augustā un septembrī modelēto IMVN GŪL pieaugšana straujāk notiek teritorijās ar zemāku kontinentālo indeksu, tāpat kā novērojumos. Kaut arī modelētajos datos ziemas minimums visās teritorijās ir tuvs maksimumam, taču janvārī, februārī un martā esošais IMVN GŪL ir zemāks teritorijās ar augstāku KI vērtību; tāpat kā apkopotajos novērojumos 2.16. attēlā (50. lpp). Pielikumā 7.1 ir dotas visu pēc KI izdalīto teritoriju atskaites perioda modelēto IMVN GŪL statistiskās vērtības, savukārt pielikumā 7.2 var iepazīties ar IMVN GŪL iepriekšminēto aprēķināto rastra statistikas apkopojumu - vidējām, minimālajām un maksimālajām vērtību līknēm pa mēnešiem. Pielikumā 7.3 ir uzskatāmi attēloti atskaites periodā modelētie IMVN GŪL visā Latvijas teritorijā.

Visaugstākās atšķirības starp novērotajiem un modelētajiem mēnešu vidējiem IMVN GŪL ir sākot no oktobra līdz decembrim, un galvenokārt tās skar IMVN GŪL amplitūdu atšķirības. Novērojumos teritorijās ar augstāku KI ziemas maksimums nepārsniedz vērtību 0,6, savukārt ar zemāku – ir tuvs vērtībai 1. Aprīlī teritorijās ar zemāku KI arī IMVN GŪL ir zemāki nekā teritorijās ar augstāku KI.

Modelēto IMVN GŪL aprēķinātās mēnešu maksimālās vērtības, līdzīgi kā apkopotajos novērojumos, ir augstas un tuvojas vērtībai 1 sākot no oktobra (skatīt attēlu 2.22, 59. lpp). Gan novērotajos, gan modelētajos datos februārī mēnešu maksimālajām un vidējām vērtībām tiek



2.21. attēls. Visu pēc KI vērtības izdalīto teritoriju modelētie atskaites perioda (1961.-1990. gads) ilggadīgās mēnešu vidējās IMVN GŪL vērtības. Īpaši izceltas ir teritorijas ar ekstrēmām KI vērtībām; zilā krāsā ar viszemāko un sarkanā krāsā ar visaugstāko KI. Līknes nesasniedz 0 un 1 vērtību, jo raksturo katras kontinentalitātes teritorijas visa laukuma vidējo vērtību. Teorētiski visa laukuma maksimālā vērtība attiecīgā maksimumu vai minimumu raksturojošā mēnesī sasniegs vērtību 1, un minimālā – vērtību 0.



2.22 attēls. Vidējās, minimālās un maksimālās atskaides periodā modelētās ilggadīgās mēnešu vidējās IMVN GŪL vērtības un to standartnovirzes visā Latvijas teritorijā.

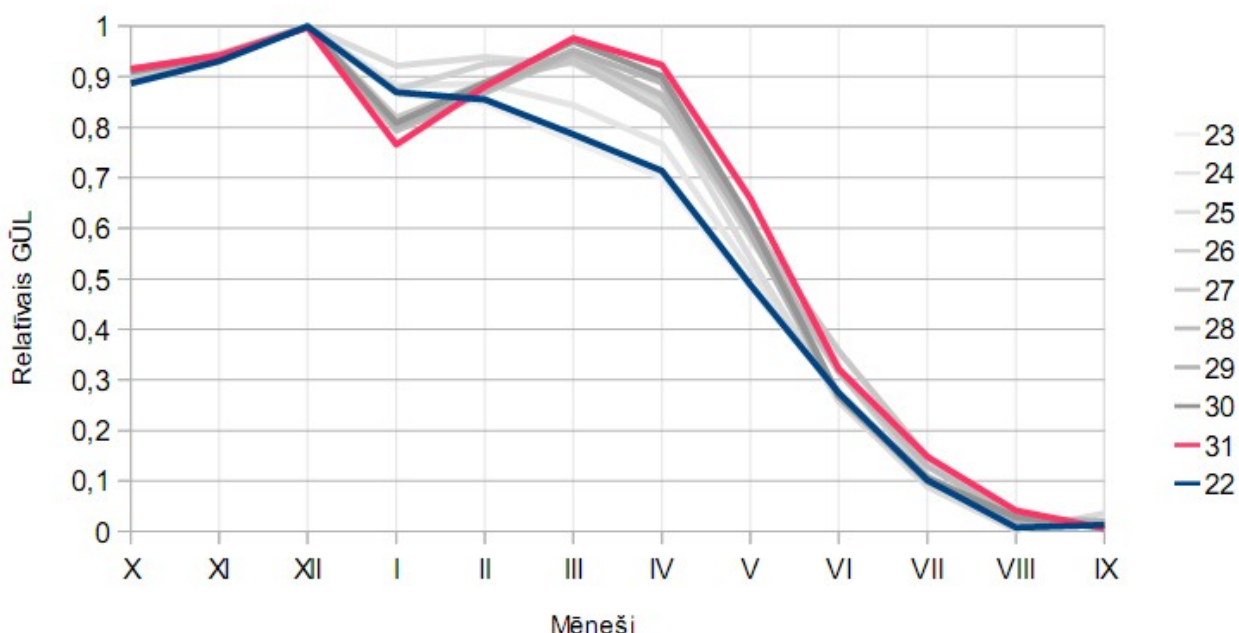
sasniegts ziemas minimums. Novērojumos gan ziemas minimums tiek sasniegts martā, taču šī atšķirība ir diskutējama, un iespējams saistīta ar novērojumu artefaktiem. No janvāra līdz aprīlim standartnovirzes ir augstas kā modelētajos, tā arī novērotajos datos. Tas pierāda, ka šo mēnešu novērojumi ir salīdzināmi ar modelētajiem rezultātiem. Tāpat arī līdzīgās standartnovirzes, vidējās, minimālās un maksimālās vērtības no maija līdz septembrim ir salīdzināmas starp modelētajiem un novērotajiem IMVN GŪL. Oktobrī, novembrī un decembrī modelēto IMVN GŪL standartnovirzes ir mazas un mēnešu vidējās, minimālās un maksimālās IMVN GŪL vērtības ir tuvas viena otrai. Taču novērojumos šajos mēnešos parādās augstas standartnovirzes.

IMVN GŪL amplitūdu atšķirības un citas modelēto un novēroto IMVN GŪL neatbilstības, pirmkārt, var skaidrot ar to, ka novērojumu datu rindas nav pilnīgas; esošie novērojumi ir pieņemti kā atskaides periodu raksturojoši, taču trūkstojšie novērojumi var saturēt informāciju, kas ir būtiska. Otrkārt, šīs neatbilstības var skaidrot ar izvēlēto Latvijas klimata projekcijas īpašībām, kas atspoguļojas meteoroloģiskajos datos, kurus savukārt izmanto GŪL modelēšanā. Treškārt, atšķirības var noteikt periodi, kuros gruntsūdeņu papildināšanos un noplūdi nosaka pārāk daudz ārēji faktori (antropogēnā ietekme, klimatiskie artefakti, u.c.), kuri, modelējot gruntsūdeņus, var netikt ņemti vērā. Šo skaidrojumu var attiecināt uz modelēto datu un novērojumu neatbilstību no septembra līdz decembrim. Taču tā kā modelis ir vienkāršots sarežģītas realitātes attēlojums, tad iegūtie modeļa rezultāti tiek pieņemti kā pietiekoši korekti atskaides perioda normalizēto GŪL un to svārstību aprakstīšanai un tie ir izmantojami arī citos pētījumos.

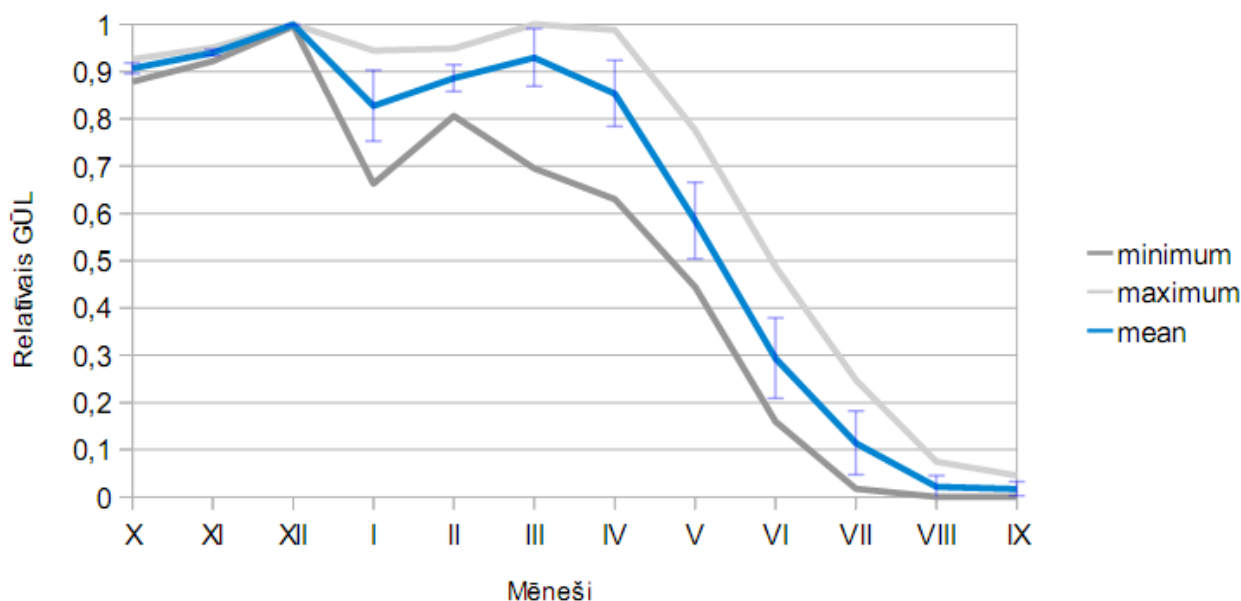
2.10.2 Novēroto un modelēto IMVN GŪL salīdzinājums starp atskaites un nākotnes periodiem

Aplūkojot atskaites perioda novērotos (skatīt attēlu 2.16., 50. lpp) un nākotnes perioda modelētos IMVN GŪL, var redzēt, ka teritorijās ar augstāku KI vērtību starp IMVN GŪL ziemas maksimumu un pavasara maksimumu, vērtības ir augstākas. Ziemas maksimums joprojām tiek sasniegts decembrī, taču pavasara maksimums visās izdalītajās teritorijās, kurās tas ir novērots – uzrādās martā. Teritorijās ar zemāku KI vērtību, pēc IMVN GŪL ziemas maksimuma sasniegšanas, tā vērtības lēzeni krītas līdz pat vasaras minimumam, pie tam līdz aprīlim šī krišanās ir lēzenāka nekā no aprīļa līdz jūlijam. Šāda situācija ir novērojama teritorijās ar KI vērtībām 22 un 23. Teritorijās ar KI vērtību 24 un 25 pavasara maksimums ir novērojams jau februārī, kur tas izpaužas kā augstāka IMVN GŪL vērtība par janvāra vērtību. Nākošo mēnešu IMVN GŪL vērtības lēzeni samazinās (skatīt attēlu 2.23). Gruntsūdens maksimumi ir tuvi piesātinājumam gandrīz nepārtraukti sākot no decembra līdz pat aprīlim (skatīt attēlu 2.24., 54. lpp). Arī izveidotajā kartogrāfiskajā materiālā (skatīt pielikumu 8.3) šis piesātinājums ziemas mēnešos ir labi redzams.

Teritorijās ar KI vērtību 22 un 23 mēneša vidējo IMVN GŪL maksimums tiek sasniegts decembrī. Tā minimālās, vidējās un maksimālās vērtības ir tuvas no oktobra līdz pat janvārim.



2.23. attēls. Visu pēc KI vērtības izdalīto teritoriju modelētie nākotnes perioda (2071.-2100. gads) ilggadīgie mēnešu vidējie IMVN GŪL. Īpaši izceltas ir teritorijas ar ekstrēmām KI vērtībām; zilā krāsā ar viszemāko un sarkanā krāsā ar visaugstāko KI vērtību. Līknes nesasniedz 0 un 1 vērtību, jo raksturo katras kontinentalitātes teritorijas visa laukuma vidējo IMVN GŪL vērtību. Teorētiski visa laukuma maksimālā GŪL vērtība attiecīgā mēnesī sasniedz vērtību 1, un minimālā – vērtību 0.



2.24. attēls. Vidējie, minimālie un maksimālie nākotnes periodā modelētie ilggadīgās mēnešu vidējās IMVN GŪL vērtības un to standartnovirzes visā Latvijas teritorijā.

Janvārī palielinās amplitūda starp minimālām un maksimālām vērtībām, līdz ar to palielinās arī standartnovirze. Visaugstākā standartnovirze ir martā un aprīlī, līdz ar to var secināt, ka tie būs mēneši, kurā būs visatšķirīgākais IMVN GŪL izdalītās teritorijas ietvaros. Pielikumā 8.2 ir apkopotas rastra statistikas minimālās, vidējās un maksimālās vērtības visām pēc KI izdalītajām teritorijām, savukārt pielikumā 8.1 var iepazīties ar citiem šo teritoriju raksturojošiem statistiskiem parametriem.

Teritorijā ar KI vērtību 24 mēneša vidējo IMVN GŪL atšķirības ir stipri līdzīgas teritorijām ar indeksu 22 un 23, taču martā maksimālais līmenis pieaug. Tas norāda uz to, ka eksistē teritorijas, kurās notiek intensīvāka gruntsūdeņu barošanās. Janvārī un februārī vidējie IMVN GŪL ir samērā līdzīgi, kas norāda uz šajos mēnešos esošo līdzsvaru starp gruntsūdenī nokļūstošo un aizplūstošo ūdens daudzumu. Lai arī maksimālais IMVN GŪL martā pieaug, tā vidējās vērtības lēzeni krītas līdz pat aprīlim, pēc kura tās sāk kristies straujāk. IMVN GŪL savu gada minimumu sasniedz augustā. Atskaites periodā novērojumos redzams, ka minimums šajā teritorijā tiek sasniegts ātrāk – augustā, pie tam jūnijā minimumu sasnieguši minimālie IMVN GŪL.

Teritorijā ar KI vērtību 25 februārī parādās mēneša vidējo IMVN GŪL pavasara maksimums un janvārī ir izteikts minimālo IMVN GŪL vērtību ziemas minimums. Janvārī ir visaugstākā standartnovirze un amplitūda starp minimālo un maksimālo vērtību. IMVN GŪL ir tuvāks tā maksimuma vērtībām no janvāra līdz aprīlim, savukārt no aprīļa līdz pat augustam, kad tas sasniedz vasaras minimumu, tas ir tuvāks tā minimuma vērtībām. Šajā teritorijā mēneša vidējais IMVN GŪL

pārsniedz vērtību 0,9 sākot no oktobra līdz pat martam.

Teritorijās ar KI vērtībām 26, 27 un 28 IMVN GŪL raksturojošie lielumi ir stipri līdzīgi. Visās trijās teritorijās ir izteikts vidējais ziemas mēnešu IMVN GŪL maksimums decembrī un minimums janvārī, kurš atrodas starp vērtībām 0,7 un 0,8. Pie tam tas samazinās palielinoties KI vērtībai. Visaugstākās standartnovirzes ir decembrī un jūnijā. Visās teritorijās izteiktāki ir pieaudzis vidējais IMVN GŪL pavasara maksimums, taču, atšķirībā no atskaite perioda, kur maksimums tiek sasniegts aprīlī, nākotnes periodā tas ir sasniegts jau martā.

Teritorijās ar KI vērtībām 29, 30 un 31 arī IMVN GŪL raksturojošie lielumi ir stipri līdzīgi. Visās trijās teritorijās ir izteikts mēnešu vidējais IMVN GŪL maksimums decembrī.

Visnotaļ nākotnes gruntsūdeņu uzvedība un tā svārstības atšķirsies no tādām gruntsūdeņu svārstībām, kādas ir redzamas apkopotajos atskaite perioda novērojumos. Ar *Metul* veiktie modeļaprēķini uzrāda, ka silto ziemu un temperatūras režīma ietekmē gruntsūdeņi piekrastes teritorijās, kur kontinentalitātes ietekme ir zema, maksimumu pārsvarā sasniegs tikai vienreiz gadā decembrī, un pēc tam lēzeni kritīsies. Teritorijās ar augstāku kontinentalitātes ietekmi gruntsūdeņi sasniegs savu maksimumu, taču, salīdzinot ar novērojumiem un atskaite periodā iegūtajiem modeļa aprēķiniem, nākotnē šis maksimums tiks sasniegts mēnesi ātrāk – martā. Pie tam nākotnes periodā šajās teritorijās GŪL ziemas minimums ir augstāks (~0,78, normalizētā vērtība) nekā atskaite periodā piejūras teritorijā aprēķinātais (~0,65, normalizētā vērtība). Tas nozīmē, ka diemžēl atskaite perioda ietvaros nav iespējams piekārtot tādu pēc KI vērtības izdalītu teritoriju, kas varētu raksturot kādu pēc KI vērtības izdalītu teritoriju izvēlētajā nākotnes perioda ietvaros. Tātad Latvijā pastāvēs tādas teritorijas, kurās IMVN GŪL svārstības neatbilst Latvijai raksturīgajām klasiskajām sezonālajām izmaiņām. Iespējams, ja salīdzinātu IMVN GŪL starp atskaite periodu un tuvāku nākotnes periodu, tad varētu pierādīt, ka nākotnē eksistēs tādas teritorijas, kurās gruntsūdeņu papildināšanās ziemas mēnešos norisināsies tāpat kā gruntsūdeņu papildināšanās atskaite periodā tādā teritorijā, kurā visticamāk kontinentalitātes ietekme ir zema. Tas, savukārt ļautu pētīt un pierādīt kontinentalitātes ietekmes stipruma samazināšanos.

2.11 Diskusija

Maģistra darba pētījuma ietvaros paveiktie uzdevumi ir iedalāmi trijās apakšgrupās. Pēc būtības tās ir savstarpēji atšķirīgas, jo darbam ar katras izdalītās apakšgrupas uzdevumiem ir nepieciešamas specifiskas zināšanas. Tas savā ziņā šo maģistra darbu padara unikālu.

Pirmās apakšgrupas uzdevumus var raksturot kā tādus, kuriem ir nepieciešamas programmēšanas zināšanas. Šie uzdevumi sevī galvenokārt ietver darbu ar modelēšanas programmatūru. Maģistra darba ietvaros ir iepazīta A.Zīverta gruntsūdens un noteces programmatūra *Metul* un veikti šīs programmatūras uzlabojumi. Ņemot vērā maģistra darbā izmantoto informācijas apjomu, netieši tiek pierādīts, ka ieviestie uzlabojumi atļauj ātri un efektīvi veikt modelēšanu. Programmēšanas zināšanas bija nepieciešamas gan masveida informācijas iegūšanai (no pieejamās datubāzes un *Grass GIS* starprezultātiem), gan masveida informācijas sagatavošanai (izmantojot *Grass GIS* ikdienas karšu sagatavošanai). Tādējādi tiek pierādīta programmēšanas un ar to saistītu eksakto zināšanu lietderība un nepieciešamība ģeogrāfijas zinātnēs.

Otrās apakšgrupas uzdevumus var raksturot kā tādus, kuriem ir nepieciešamas zināšanas, kas saistītas ar datu vispārēju un laika rindu analīzi. Darba gaitā tika secināts, ka nedrīkst pieņemt, ka visa iegūtā informācija ir viennozīmīga un patiesa.

Pirmkārt, ir nepieciešams izstrādāt kritērijus, kas atļauj vai tieši otrādi - aizliedz izmantot konkrēto informāciju. Tika pierādīts, ka, ja pastāv iztrūkstoši mērījumi, savukārt no šiem mērījumiem ir nepieciešams iegūt izvēlēta laika perioda (mēneša) vidējo vērtību, ir jāaizpilda iztrūkstošās vērtības ar mākslīgiem mērījumiem, kuri iegūti, interpolējot starp zināmajiem mērījumiem. Tikai tā ir iespējams iegūt korektu mērījumu svara sadalījumu pār izvēlēto laika periodu.

Otrkārt, lai spētu savstarpēji salīdzināt punktus, kuros mērījumu statistiskās vērtības (vidējā vērtība, amplitūda) ir atšķirīgas, informāciju ir nepieciešams normalizēt. Darba gaitā ir izstrādāta metodika, kas atļauj iegūt normalizētu ilggadīgo mēneša vidējo vērtību no dotās datu rindas. Pētījumā tiek pierādīta šīs metodikas lietderība. Metodika ir aprobēta un pielietota, aprakstot ilggadīgo mēneša vidējo normalizēto GŪL, taču to var pielietot jebkādu nomērāmu procesu raksturošanā jebkurā zinātnes sfērā.

Treškārt, veicot modelēšanu, ir nepieciešams kritiski salīdzināt modelētos un novērotos datus, atceroties, ka galvenās atšķirības starp modelētajiem un novērotajiem IMVN GŪL rada ievades meteoroloģisko datu kvalitāte un meteoroloģisko staciju izvietojums.

Trešās apakšgrupas uzdevumus var raksturot kā tādus, kuru pētīšanai ir nepieciešama kritiska analīze, balstoties uz zināšanām, kas ir saistītas ar ģeogrāfijas apakšnozarēm – galvenokārt meteoroloģiju, hidroloģiju un hidroģeoloģiju.

Pirmkārt, tika pierādīts, ka IMVN GŪL un nokrišņu daudzuma korelācija ir sezonāla un kā galvenais ietekmes atšķirību iemesls ir izdalāmi evapotranspirācija vasaras periodā un augsnes sasalums ziemas periodā.

Otrkārt, tika pierādīts, ka sezonālā korelācija starp nokrišņu daudzumu un IMVN GŪL ir atkarīga no KI vērtības, reljefa absolūtā augstuma un šo abu faktoru savstarpējās kombinācijas.

Treškārt, tika pierādītas IMVN GŪL temporālās un telpiskās atšķirības, kuras ir atkarīgas no KI vērtības. Teritorijās ar augstāku KI vērtību sākot no ziemas maksimuma līdz pavasara maksimumam ir izteiktāks IMVN GŪL amplitūdas samazinājums jeb kritums. Sākot no pavasara maksimuma līdz vasaras minimumam GŪL kritums ātrāk notiek teritorijās ar zemāku KI.

Ceturtkārt, modelējot GŪL izvēlētās nākotnes klimata projekcijai atskaites perioda ietvaros (1961.-1990. gads) un tos apkopojot, ir pierādīts, ka modelēto IMVN GŪL vērtības atbilst novērojumu vērtībām. Modelētie GŪL raksturo visas Latvijas GŪL sezonālās svārstības.

Piektkārt, Latvijā novērotās un atskaites perioda modelētās GŪL svārstības ir salīdzinātas ar līdzīgu pētījumu, kurš veikts Polijā (Chelmicki, 1993). Šī pētījuma rezultāti ir salīdzināmi ar maģistra darbā iegūtajiem rezultātiem. Abu pētījumu rezultāti apstiprina GŪL svārstību atkarību no kontinentalitātes. Nelielās kvantitatīvās atšķirību nianšes nosaka informācijas kvalitāte, informācijas daudzums un apstrāde, kā arī atšķirīgais ģeogrāfiskais pētījumu teritoriju novietojums.

Sestkārt, ņemot par pamatu izvēlēto nākotnes klimata scenārija projekciju, ir veikta GŪL modelēšana un novērtēts to svārstību režīms izvēlētajam nākotnes periodam (2071. līdz 2100. gads). GŪL svārstības nākotnes periodā ir atšķirīgas no to svārstībām atskaites periodā gan temporālā, gan telpiskā ziņā. Nākotnes periodā ir izteiktāka gruntsūdeņu papildināšanās ziemas mēnešos un GŪL pavasara maksimums tiek sasniegts ātrāk, pie tam dažviet tas vispār netiek sasniegts un GŪL lēzeni krītas pēc ziemas maksimuma sasniegšanas. Tātad pastāvēs tādas Latvijas teritorijas, kurās gruntsūdeņu svārstību režīms neatbilst pašreiz Latvijā esošajam klasiskajam gruntsūdens līmeņu svārstību režīmam. Iepriekš aplūkotajā publikācijā (Kumar, 2010) tika secināts, ka iespējamā nākotnes klimatā augstāka nokrišņu daudzuma variabilitāte norāda uz paildzinātiem augstākiem vai zemākiem gruntsūdens periodiem. Šis secinājums ir piemērojams maģistra darbā iegūtajiem aprēķinātajiem nākotnes perioda rezultātiem, kur mēnešus no decembra līdz martam var izdalīt kā periodu ar ilgstošu augstu GŪL.

Secinājumi

Maģistra darbā iegūtie rezultāti ir salīdzināmi un apstiprina agrāk veiktos pētījumus. Tas savukārt apstiprina izstrādāto, uzlaboto un pielietoto metožu lietderību.

- Ir pierādīta ilggadīgā mēneša vidējā normalizētā gruntsūdens līmeņa un ilggadīgā mēneša vidējā nokrišņu daudzuma korelācijas sezonālitate. To nosaka evapotranspirācija veģetācijas periodā un augsnes sasalums neveģetācijas periodā.
- Ir pierādīta ilggadīgā mēneša vidējā normalizētā gruntsūdens līmeņa un ilggadīgā mēneša vidējā nokrišņu daudzuma sezonālās korelācijas atkarība no kontinentalitātes un absolūtā augstuma, kā arī no šo abu faktoru savstarpējās kombinācijas.
- Ir pierādītas ilggadīgā mēneša vidējā normalizētā gruntsūdens līmeņa telpiskās un temporālās atšķirības, kuras ir atkarīgas no kontinentalitātes. Iegūtie rezultāti apstiprina līdzīgus iepriekš veiktos pētījumus.
 - Novērojumi atbilst Latvijas teritorijai raksturīgajam klasiskajam sezonālam gruntsūdeņu režīmam.
 - Teritorijās ar izteiktāku kontinentalitāti no janvāra līdz martam novērojams izteiktāks gruntsūdens līmeņu kritums.
 - No pavasara maksimuma līdz vasaras minimumam gruntsūdens līmenis ātrāk sāk samazināties teritorijās, kurās kontinentalitāte ir mazāk izteikta.
- Ir pierādīta modeļa *Metul* pielietojamība gruntsūdens līmeņu svārstību pētījumos.
 - Atskaides periodā modelētie gruntsūdens līmeņi atbilst Latvijas teritorijai raksturīgajam klasiskajam sezonālam gruntsūdeņu režīmam.
 - Ar modeli *Metul* iegūtie atskaides perioda rezultāti ir salīdzināmi ar šajā periodā veiktajiem novērojumiem.
 - Ar modeli *Metul* ir veikta gruntsūdens līmeņu modelēšana un šo līmeņu sezonālo svārstību analīze.
 - Paveiktais darba apjoms pierāda modeļa *Metul* veikto uzlabojumu efektivitāti un lietderību.

- Apkopotie ilggadīgie mēneša vidējie normalizētie gruntsūdens līmeņi pierāda svārstību atšķirības starp izdalītajiem atskaites un nākotnes periodiem.
 - Nākotnē gruntsūdens līmeņi savu pavasara maksimumu sasniegs ātrāk.
 - Teritorijās ar zemāku kontinentalitātes indeksu gruntsūdens līmeņi pavasara maksimumu var nerasniegt, bet visas ziemas garumā lēzeni kristies, sasniedzot vasaras minimumu.

Nobeigums

Izstrādātais maģistra darbs ir plašs, daudzšķautņains un apjomīgs. Tas aptver ne tikai gruntsūdens līmeņu izmaiņu pētījumus dažādos izvēlētajos laika periodos, bet arī pieskaras gruntsūdens līmeņu un nokrišņu daudzuma korelāciju noteikšanai. Šī darba tapšanas laikā, atrisinot kādu problēmu, radās jaunas idejas šo problēmu risināšanā no citiem aspektiem. Tā piemēram, korelācijas starp gruntsūdens līmeņiem un nokrišņu daudzumu var pētīt, izmantojot apjoma izmaiņas, savukārt, apkopojot standartnovirzes, var meklēt sakarības, kāpēc un vai šīs statistiskās vienības ir atšķirīgas. Tā kā tika pierādīts, ka nokrišņu radītās gruntsūdens līmeņu izmaiņas iespaido ne tikai kontinentalitāti, bet arī absolūtais augstums no zemes virsmas, tad arī gruntsūdens līmeņu svārstību pētījumus var turpināt katrā absolūtā augstuma kategorijā pēc kontinentalitātes indeksa izdalītās teritorijas ietvaros. Savukārt, veicot gruntsūdens līmeņu modelēšanu, iegūto rezultātu un apkopoto dotā urbuma novērojumu salīdzinājumu var izmantot meteoroloģisko staciju ietekmju stipruma meklēšanā un pētīšanā. Maģistra darbā datu rindu analīzē netika pielietoti dažādi jau izveidoti laika rindu analīžu testi, bet gan līdz matemātiskiem pamatiem parādīta un izskaidrota strādājoša konceptuāla pieeja esošo datu analīzei. Maģistra darbā tika aplūkota tikai viena iespējamā nākotnes klimata scenārija projekcija Latvijas teritorijai, taču patiesībā pētījumu var padziļināt, atsevišķi aplūkojot gruntsūdens līmeņu svārstības visām iespējamajām projekcijām.

Uzskatu, ka šis maģistra darbs ir labs atspēriena punkts, informatīvs un iedvesmojošs materiāls citiem, tālākiem gruntsūdens līmeņu un to svārstību pētījumiem. Ceru, ka atradīsies tādi cilvēki, kas novērtēs šī darba eksakto pusi un atradīs to par pielietojamu savos pētījumos, kuri var pat arī nebūt saistīti ar gruntsūdeņiem.

Pateicības

Darbs ir izstrādāts ar projekta “Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem” atbalstu. Projekta līguma nr: 2009/0212/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/060. Pētījumā izmantota Valsts SIA "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs" informācija.

Izmantotā literatūra

- Bergström, S. 1976. Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. In: *Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI) report RHO 7*, Norrköping, 134
- Bergström, S. 1995. The HBV model. In: Singh, V.P. (eds.), *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water resources publications, Highlands Ranch, CO., 443-476.
- CGIAR. 2004. The CGIAR Consortium for Spatial information (CGIAR-CSI) SRTM Data Selection Options. Sk.18.05.2011.
- Pieejams <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>
- Atsauce tekstā (CGIAR SRTM, 2004)
- Chelmicki, W. 1993. The annual regime of shallow groundwater levels in Poland. *Ground Water*. 31(3), 383-388.
- Daliakopoulos, I.N., Coulibaly, P., Tsanis, I.K. 2005. Groundwater level forecasting using artificial neural networks. *Journal of Hydrology*. 309(1-4), 229-240.
- Dēliņa, A. 2004. Groundwater vulnerability mapping in Latvia - different approaches. *Groundwater vulnerability and mapping: international conference, Book of Abstracts*, University of Silesia, Ustroń, Poland, 44.-45.
- Dēliņa, A. 2005a. Latvijas kvartārsegas ūdeņu reģionālās atšķirības. *Latvijas Universitātes 63.zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātnes. Referātu tēzes*. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds. 114.-116.
- Dēliņa, A. 2005b. Pazemes ūdeņu pētījumu vēsture Latvijā. *Latvijas Universitātes 63.zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātnes. Referātu tēzes*. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds. 116.-117.
- Devlin, J. F. 1994. A Simple and powerful method of parameter estimation Using Simplex optimization. *Ground Water*. 32(2), 323-327.
- Draveniece, A. 2007. Okeāniskās un kontinentālās gaisa masas Latvijā. *Latvijas Veģetācija*, 14, 135.
- Duchan, D., Drab, A., Khaddour, A., Julinek, T., 2008. Evaluation of risks related to ground water regime changes. In: *3rd International conference on water resources and arid environments and the 1st arab water forum, Book of abstracts*. Ryadh, Saudi Arabia, 95.
- Freeze, R.A. & Cherry, J.A. 1979. *Groundwater*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs
- Gavich, I. K. 1997. *Hydrogeodynamics*. Taylor & Francis, 1st edition, Netherlands, A A Balkema Publisher
- Gebbert, S. 2007. Konzeption eines gekoppelten Stromungs und Stofftransportmodells in GIS GRASS. In: *PhD thesis*, Institut für angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Berlin
- Gupta, S.K. 2010. *Modern hydrology and sustainable water development*. Wiley-Blackwell
- Harter, T. 2008. *Watersheds, groundwater and drinking water*. University of California Division of Agriculture and Natural Resources, California, USA

- Hartfield, M.I., Gunst, R.I. 2009. Identification of model components for a class of continuous spatiotemporal models. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*. 8(1), 105-121.
- Hill, J.C. 1979. Johann Glauber's discovery of sodium sulfate - Sal Mirabile Glauberi. *Journal of chemical education*. 56(9), 593.
- Houston, J.F.T. 1983. Groundwater systems simulation by time-series techniques. *Ground Water*. 21(1), 301-310.
- Indijas nacionālā hidroloģijas institūta (National Institute of Hydrology) mājas lapa <http://www.nih.ernet.in/> Atsauce tekstā (National Institute of Hydrology)
- Hua, Z., Dehai, M., Cheng, W. 2009. Optimization of the spatial interpolation for groundwater depth in Shule river basin. *Environmental Science and Information Application Technology*. 2, 415-418.
- Hubbert, M.K. 1956. Darcy's law and the field equations of the flow of underground fluids. *AIME Petroleum Transaction*. 207, 222-239.
- Impacts of Europe's changing climate, 2004. European Environmental Agency briefing No 2/2004, Copenhagen, European Environmental Agency, 27-33.
- Atsauce tekstā: (Impacts of Europe's changing climate, 2004)
- IPCC SPECIAL REPORT EMISSIONS SCENARIOS Summary for Policymakers. Special report of IPCC Working group III. Sk. 18.05.2011.
- Pieejams <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>
- Atsauce tekstā (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000)
- Jansons, V., Apsīte, E., Abramenko, K., Bakute, A., Lagzdīņš, A. 2008. Bērzis upes baseina hidroloģiskā un hidroķīmiskā modelēšana. *Grām. Plikša, I. (red.), Klimata mainība un ūdeņi. Rakstu krājums. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga*, 54-57.
- Kontur, I. 1982. Long-range groundwater level prediction based on time series analysis. In: *Proceedings of the Exeter Symposium, IAHS publications*. 136, Water Management Institute, University of Technology, Budapest, Hungary, 187-193.
- Krams, M. Ziverts, A., 1999. Experiments of conceptual mathematical groundwater dynamics and runoff modelling in Latvia. *Nordic Hydrology*. 24, 243-262.
- Krastiņš, J., Strautmanis, I., Dripe, J. 1998. *Latvijas arhitektūra no senatnes līdz mūsdienām*. Rīga, Baltika. 191.-220.
- Kumar, C.P. 1996. Assessment of ground water potential. *All India Seminar on Small Watershed Development*, Organised by Indian Association of Hydrologists, West Bengal Regional Centre
- Kumar, C.P., Chachadi, A. G., Purandara, B.K., Kumar, S., Juyal, R. 2007. Modelling of seawater intrusion in coastal area of North Goa. *Water Digest*. 2(3), 80-83.
- Kumar, C.P., Kumar, V., Singh, V. 2001. Soil moisture characteristics in upper part of Hindon river catchment. *Journal of Applied Hydrology*. 16(4), 1-9.
- Kumar, C.P., Singh R.D. 2010. Impact of climate change on groundwater resources. In: *Proceedings of 2nd National Ground Water congress*. New Delhi, 332-350.

- Lauva, D., Abramenko, K., Veinbergs, A., Vircavs, V. 2011. Gruntsūdens līmeņa un noteces modelēšanas rīku METUL un METQ attīstība. *Latvijas Universitātes 69.konference. Ģeoloģijas sekcijas apakšsekcija "Baltijas artēziskā baseina pazemes ūdeņi". Referātu tēzes.* Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, 34.-35.
- Levina, N., Levins, I. Gavena, I. 1998. *Latvijas pazemes ūdeņu resursi.* Dzilna, I. (red.), Rīga, Valsts Ģeoloģijas Dienests
- Lizuma, I. 2007. An analysis of a long-term meteorological data series in Riga. *Folia Geogr.* 7, 53-61.
- Lizuma, I., Kļaviņš, M., Briede, A., Radionovs, V. 2007. Long-term changes of air temperature in Latvia. *Hydrology Research.* 41(3-4), 241-252.
- Niehörster, F., Fast, I., Huebener, H., Cubasch U. 2008. *The stream one ENSEMBLES projections of future climate change. Ensembles Technical Reports.* Sk. 18.05.2011., Pieejams http://ensembles-eu.metoffice.com/tech_reports/ETR_3_vn0.pdf
- Norm, J., Strassberg, G., Ackerer, P. 2010. *The Arc Hydro groundwater data model and tools. AWR 2010 Spring Speciality Conference.* Orlando, FL. Sk. 18.05.2011. Pieejams http://www.awra.org/orlando2010/doc/abs/NormJones_13e6e32a_6677.pdf
- Peng, M.H., Jin-King Liu, J.K., Shin, T.Y. 2000. Groundwater level forecasting with time series analysis. In: *Proceedings of the 21st Asian Conference on Remote Sensing.* Taipei, Taiwan, 58-63.
- Polemio, M., Casarano, D. 2008. Climate change, drought and groundwater availability in southern Italy. *Geological Society, Special Publications 2008.* 288, 39-51.
- Raghunath, H.M. 2007. Ground Water. *Geological Journal.* 18(3), 279-280.
- Rana, T., Khan, S. 2010. Optimisation of agricultural drainage to manage irrigation salinity in Australia – An example from the Murray irrigation area, Australia. In: *10th Kovacs Colloquium Hydrocomplexity: New Tools for Solving Wicked Water Problems.* Paris, France, Sk. 18.05.2011.
Pieejams: http://iahs.info/conferences/2010Kovacs_Abstracts/KovacsX_Rana.pdf
- Robbins, G.A. 2009. Determining hydraulic conductivity using pumping data from low-flow sampling. *Ground Water.* 47(2), 271-286.
- Rudzianskaite, A. 2010. Correlations between the quality of surface water (stream) and ground water in the Lithuanian karst zone. In: Apsīte, E., Briede, A., Kļaviņš, M. (eds.) *Hydrology: From Research to Water Management.* Rīga, University of Latvia, 219-220.
- Salama, R.B., Otto, C.J., Fitzpatrick, R.W. 1999. Contributions of groundwater conditions to soil and water salinization. *Hydrogeology Journal.* 7(1), 46-64.
- Sauka, O., Bušmanis, P., Labrencis, V., Kļaviņš, U., Barbars, J. 1987. *Lauksaimniecības hidrotehniskā meliorācija.* Sauka, O. (red.), Rīga, Zvaigzne, 21.-24.
- Seibert, J. 2000. Multi-criteria calibration of a conceptual rainfall-runoff model using a genetic algorithm. *Hydrology and Earth System Sciences.* 4(2), 215-224.
- Sennikovs, J., Bethers, U. 2009. Statistical downscaling method of regional climate model results for hydrological modelling. In: *Proceedings of 18th World IMACS / MODSIM Congress.* Cairns, Australia, Sk. 18.05.2011.
Pieejams <http://www.mssanz.org.au/modsim09/I13/sennikovs.pdf>

- Siegel, P., Blashke, A.P. 1996. Automatic calibration of groundwater flow parameters for an unconfined aquifer northeast of Vienna. In: *Proceedings of the ModelCare96 Conference. Calibration and reliability in groundwater modelling. IAHS publications.* 237, 53-60.
- Smith, T.J., Mudd, G.M. 2010. Shallow groundwater resources and future climate change impacts: a comparison of the Ovens and Namoi catchments, Eastern Australia. In: *Proceedings of 4th International Conference on Sustainability, Engineering and Science.* New Zealand Sk. 18.05.2011.
- Pieejams <http://www.nzsses.auckland.ac.nz/conference/2010/papers/Smith-Mudd.pdf>
- Soms, J. 2008. Klimata mainība un augsnes erozijas procesu aktivizācija ziemas periodā. Grām. Plikša, I. (red.), *Klimata mainība un ūdeņi.* Rakstu krājums. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 121.-133.
- Sophocleous, M. 2004. Groundwater recharge. In: Silveira, L., Wohnlich, S., Usunoff, E.J., (eds.) *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Eolss Publishers, Oxford, UK. Sk. 18.05.2011. Pieejams <http://www.eolss.net/ebooks/Sample%20Chapters/C07/E2-09-01-05.pdf>
- Springe, G., Kļaviņš, M., Birzaks, J., Briede, A., Druvietis, I., Eglīte, L., Grīnberga, L., Skuja, A. 2007. Climate change and its impacts in inland surface waters. In: Kļaviņš M. (ed.) *Climate Change in Latvia*, LU, 123-144.
- Sreekanth, P. D., Sreedevi, P. D., Shakeel, A., Geethanjali, N. 2010. Comparison of FFNN and ANFIS models for estimating groundwater levels. *Environmental Earth Sciences.* 62(6), 1301-1310.
- Vircavs, V., Abramenko, K., Lauva, D. 2010a. Modelling of groundwater table fluctuations in agricultural monitoring stations. In: Apsīte, E., Briede, A., Kļaviņš, M. (eds.) *Hydrology: From Research to Water Management.* Rīga, University of Latvia, 223-224
- Vircavs, V., Jansons, V., Kļaviņš, U. 2007. Pētījumu metodika gruntsūdeņu monitoringam lauksaimniecībā izmantojamās platībās. *Latvijas Universitātes 65.zinātniskā konference. Referātu tēzes.* Rīga, LU Akadēmiskais apgāds. 334.-335.
- Vircavs, V., Jansons, V., Kļaviņš, U. 2009. Gruntsūdeņu veidošanās likumsakarības lauksaimniecībā izmantojamās platībās. Grām. Plikša, I. (red.), *Latvijas Universitātes 67.zinātniskā konference. Rakstu krājums.* Rīga. LU akadēmiskais apgāds.
- Vircavs, V., Jansons, V., Lauva, D. 2010b. Monitoring of the impact of agriculture on groundwater in Latvia. In: Zuber, A., Kania, J., Kmiecik, E. (eds.), *XXXVIII IAH Congress. Groundwater quality sustainability. Extended abstracts.* University of Silesia, Krakow, Poland, 736-739.
- Ziverts, A., Jauja, I. 1999. Mathematical model of hydrological processes METQ98 and its applications. *Nordic hydrology.* 30(2), 109-128.
- Ziverts, A. 2001a. *Pazemes ūdeņu hidroloģija.* Vides un ūdenssaimniecības katedra, LLU, 11.-12.
- Ziverts, A. 2001b. *Pazemes ūdeņu hidroloģija.* Vides un ūdenssaimniecības katedra, LLU, 81.
- Zume, J., Tarhule, A. 2007. Simulating the impacts of groundwater pumping on stream-aquifer dynamics in semiarid northwestern Oklahoma, USA. *Hydrogeology Journal.* 16(4), 797-810.

- Толстов Я. Б., Левина Н. Н., Прилукова Т. М., и др. 1986. Изучение режима, баланса подземных вод, экзогенных геологических процессов и ведение государственного водного кадастра (подземные воды) в Латвийской ССР на 1984-1986 г. Г.(Сводный отчет за период 1976-1986 г.г.). Рига, Фонды, #10402.
- Ванагс, К. 1956. Изменение свойств верхнего слоя торфа на осушенных торфяниках. Автореферат кандидатской диссертации.- Рига,
- Залитис, П.П. 1983. Основы рационального лесосошения в Латвийской ССР. Зинатне, Рига, 230 с.

Atsauces uz attēliem

- 1.1. Kontur, I. 1982. Long-range groundwater level prediction based on time series analysis. In: *Proceedings of the Exeter Symposium, IAHS publications*. 136, Water Management Institute, University of Technology, Budapest, Hungary, 187-193.
- 2.1. - 2.5. autora;
- 2.6. – autora izveidota kartoshēma. Kā ievades dati tika izmantoti apkopoto LVĢMC urbumu un meteoroloģisko staciju atrašanās vietas;
- 2.7. – autora izveidota kartoshēma balstoties uz A.Dravenieces apkopotajiem datiem vektorfailu formātā;
- 2.8. līdz 2.12 - autora, attēliem izmantoti LVĢMC gruntsūdens līmeņu un nokrišņu dati;
- 2.13. – autora sagatavota karte. Kā ievades dati tika izmantots CGIAR SRTM digitālais augstuma modelis;
- 2.14. - autora, attēlam izmantoti LVĢMC gruntsūdens līmeņu un nokrišņu dati;
- 2.15. - autora sagatavota karte. Kā ievades dati tika izmantots apstrādātais CGIAR SRTM digitālais augstuma modelis un A.Dravenieces apkopotā informācija;
- 2.16. līdz 2.20. - autora, attēliem izmantoti LVĢMC gruntsūdens līmeņu dati;
- 2.19. līdz 2.24. - autora, izmantoti projekta “Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem” dati.

Pielikums

Pielikuma saturs

Pielikums 1.1. Transformēts Fortran valodā rakstītais A.Zīverta Metul kods uz VBA kodu priekš Microsoft Excel – MetExUL.....	1
Pielikums 1.2. Izmantotie PHP-MySQL kodi.....	15
Pielikums 2.1. Vienkāršu un lineāri interpolētu novērojumu statistiskās atšķirības.....	20
Pielikums 3.1. Informācija par pētījumā izmantotajiem urbumiem.....	21
Pielikums 3.2. Apkopoto ģeneralizēto urbumu grupu un LVĢMC meteoroloģisko staciju karte.....	29
Pielikums 4.1. Pa mēnešiem izdalītie kumulatīvie determinācijas koeficienti.....	30
Pielikums 4.2. Pa mēnešiem, pēc kontinentalitātes indeksa un absolūtā augstuma izdalītie mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti.....	31
Pielikums. 5.1. Pa mēnešiem, pēc kontinentalitātes indeksa un absolūtā augstuma klasificētām teritorijām izdalītie korelācijas koeficienti.....	34
Pielikums 6.1. Apkopoto IMVN GŪL novērojumu statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju.....	38
Pielikums 6.2. Novērojumu vidējie, maksimālie un minimālie IMVN GŪL.....	42
Pielikums 6.3. Novēroto ilggadīgo mēnešu vidējo normalizēto gruntsūdens līmeņu attēlojums pār visas Latvijas teritoriju.....	46
Pielikums 7.1. Atskaites periodā modelēto IMVN GŪL statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju.....	47
Pielikums 7.2. Atskaites periodā modelētie vidējie, minimālie un maksimālie IMVN GŪL.....	51
Pielikums 7.3. Atskaites perioda modelēto ilggadīgo mēnešu vidējo normalizēto gruntsūdens līmeņu attēlojums pār visas Latvijas teritoriju.....	55
Pielikums 8.1. Nākotnes periodā modelēto IMVN GŪL statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju.....	56
Pielikums 8.2. Nākotnes periodā modelētie vidējie, minimālie un maksimālie IMVN GŪL.....	60
Pielikums 8.3. Nākotnes perioda modelēto ilggadīgo mēnešu vidējo normalizēto gruntsūdens līmeņu attēlojums pār visas Latvijas teritoriju.....	64
Pielikums 9.1. Ilggadīgo mēnešu vidējo normalizēto gruntsūdens līmeņu statistiskās vērtības pār visas Latvijas teritoriju pa mēnešiem trijos aprēķinu periodos.....	65
Pielikums 9.2. Pa mēnešiem veikta regresijas analīze starp kontinentalitātes indeksu un normalizētajiem gruntsūdens līmeņiem izdalītajiem trim aprēķinu periodiem.....	66
Pielikums 10.1. Metul programmā izmantotie parametri modelējot katras urbumu grupas izvēlēto urbumu.....	70

Pielikums 1.1. Transformēts *Fortran* valodā rakstītais A.Zīverta *Metul* kods uz VBA kodu priekš Microsoft Excel - *MetExUI*

Šo programmas kodu ir iespējams pievienot caur MS Excel Visual Basic Editor.

'Definē, kur saglabāt rezultātus

Const resultColon = "A"

Const obsColon = "C"

Const startCount = 2

Const sheetname = "output"

'Pirmā funkcija - kas notiek sniegā

Public Sub SNOW(ByRef ssbc As Double, _

ByRef ssbsk As Double, _

ByRef SSEc As Double, _

ByRef ssesk As Double, _

ByRef RS As Double, _

ByRef ES As Double, _

ByRef P As Double, _

ByRef T As Double, _

ByRef DEF As Double, _

ByRef CMELT As Double, _

ByRef KS As Double, _

ByRef T1 As Double, _

ByRef T2 As Double, _

ByRef WMELT As Double, _

ByRef WRFR As Double, _

ByRef WHC As Double, _

ByRef WHT As Double, _

ByRef CFR As Double, _

ByRef esum As Double, _

ByRef gad As Integer, _

ByRef men As Integer, _

ByRef dat As Integer, _

ByRef kop As Double, _

ByRef iztv As Double, _

ByRef ssbc1 As Double)

If (ssbc > 0.001 Or T <= T2) Then

ES = KS * DEF

esum = esum + ES

ssbsk = ssbsk - ES

iztv = 0

ssbc = ssbc + P

If (ssbsk < 0) Then

iztv = ssbsk

ssbc = ssbc + iztv

iztv = 0

ssbsk = 0

End If

If (ssbc < 0) Then

esum = esum + ssbc

ES = 0.0001

iztv = 0

ssbc = 0

End If '!(ssbc<0)

DT2 = T - T2

If (DT2 <= 0) Then

WMELT = 0

SSEc = ssbc

WHT = SSEc * WHC

If (ssbsk > 0) Then

 If (ssbsk > 0) Then

 WRFR = CMELT * (T2 - T) * CFR

 End If

 If (ssbsk < WRFR) Then

 WRFR = ssbsk

 ssesk = 0

 ssbc = ssbc + WRFR

 Else

 ssesk = ssbsk - WRFR

 If (ssesk > WHT) Then

 RS = ssbsk - WHT

```

Else
    RS = 0
    SSEc = ssbc + WRFR
    If (SSEc <= 0) Then
        If (ES <= 0) Then ES = 0.0001
    End If
    Exit Sub
End If
If (RS >= 0) Then
    ssesk = WHT
    SSEc = ssbc + WRFR
    If (SSEc <= 0) Then
        If (ES <= 0) Then ES = 0.0001
    End If
Else
    RS = 0
    ssesk = WHT + RS
    SSEc = ssbc + WRFR
    If (SSEc <= 0) Then
        If (ES <= 0) Then ES = 0.0001
    End If
End If
End If '!(ssbsk<WRFR)
End If '!(ssbsk>0)
ssesk = 0
RS = 0
SSEc = ssbc
If (SSEc <= 0) Then
    If (ES <= 0) Then ES = 0.0001
End If
Else ' bet ja !(DT2<=0)
    DT1 = T - T1
    If (DT1 < 0) Then
        If (T >= T2 And P > 0) Then
            WMELT = 0

```

```

SSEc = ssbc
WHT = SSEc * WHC
If (ssbsk > WHT) Then
    RS = ssbsk - WHT
Else
    RS = 0
    ssesk = ssbsk
    If (SSEc <= 0) Then
        If (ES <= 0) Then ES = 0.0001
    End If
    Exit Sub
End If
If (RS >= 0) Then
    ssesk = WHT
    If (SSEc <= 0) Then
        If (ES <= 0) Then ES = 0.0001
    End If
Else
    RS = 0
    ssesk = WHT + RS
    If (SSEc <= 0) Then
        If (ES <= 0) Then ES = 0.0001
    End If
End If
Else
    If (T >= T2 And P = 0) Then WMELT = CMELT * (T - T2)
End If
End If !(DT1<0)
WMELT = CMELT * (T - T2)
ssbc1 = ssbc - P
If (WMELT > ssbc1) Then WMELT = ssbc - P
If (WMELT < 0) Then WMELT = 0
SSEc = ssbc - WMELT - P
If (SSEc <= 0) Then SSEc = 0
WHT = SSEc * WHC

```

```

kop = ssbsk + WMELT + P
If (ssbsk > WHT) Then
    ssesk = WHT
    RS = WMELT + P - (WHT - ssbsk)
    If (RS <= 0) Then RS = 0
Else
    If (kop > WHT) Then
        ssesk = WHT

        RS = WMELT + P - (WHT - ssbsk)
    Else
        ssesk = ssbsk + WMELT + P
        RS = 0
    End If
End If
End If !(DT2<=0)
Else
WRFR = 0
WHT = 0
kop = 0
iztv = 0
ssbc1 = 0
SSEc = 0
ssbc = 0
ssbsk = 0
ssesk = 0
ES = 0
RS = P
WMELT = 0
End If
End Sub

```

'Process aktīvajā augsnes slānī -

```

Public Sub ASZ(ByRef ea As Double, _
ByRef RS As Double, _

```

```

ByRef ES As Double, _
ByRef WZB As Double, _
ByRef SMSB As Double, _
ByRef SMSE As Double, _
ByRef RCH As Double, _
ByRef CAP As Double, _
ByRef DEF As Double, _
ByRef WMAX As Double, _
ByRef KU As Double, _
ByRef KL As Double, _
ByRef ZCAP As Double, _
ByRef q1 As Double, _
ByRef esum As Double)
q1 = 0
    If (ES > 0) Then
        ea = 0
    Else
        dSmsbWmax = SMSB - WMAX
        If (dSmsbWmax >= 0) Then
            ea = KU * DEF
        Else
            If (SMSB = 0 And WZB >= ZCAP) Then ea = KL * DEF
            DwzbZcap = WZB - ZCAP
            If (DwzbZcap > 0) Then
                ea = DEF * (KU - (KU - KL) * (1 - SMSB / WMAX))
            Else
                ea = DEF * (KU - WZB * (KU - KL) * (1 - SMSB / WMAX) / ZCAP)
            End If
        End If
    End If
End If
CAP = 0
RCH = 0
SMSE = SMSB + RS - RCH - ea + CAP
    If (SMSE < 0) Then
        CAP = -SMSE
    
```

End If

$SMSE = SMSB + RS - ea - RCH + CAP$

$dSmseWmax = SMSE - WMAX$

If ($dSmseWmax \leq 0$) Then

$esum = esum + ea$

Else

$RCH = SMSE - WMAX$

$q1 = 0.02 * RCH$

$RCH = 0.98 * RCH$

$SMSE = SMSB + RS - ea - RCH - q1 + CAP$

$esum = esum + ea$

End If

End Sub

'Process gruntsūdeņu piesātinātājā zonā

Public Sub GCWZ(ByRef PZ As Double, _

ByRef GWB As Double, _

ByRef GWE As Double, _

ByRef RCH As Double, _

ByRef CAP As Double, _

ByRef q1 As Double, _

ByRef Q2 As Double, _

ByRef Q3 As Double, _

ByRef WZB As Double, _

ByRef WZE As Double, _

ByRef ALFA As Double, _

ByRef A2 As Double, _

ByRef A3 As Double, _

ByRef DZ As Double, _

ByRef WZEP As Double, _

ByRef Q1SUM As Double, _

ByRef Q2SUM As Double, _

ByRef Q3SUM As Double, _

ByRef QSUM As Double)

'PZ,GWB,GWE,RCH,CAP,Q1,Q2,Q3,WZB,WZE,ALFA,A2,A3,
DZ,WZEP,Q1SUM,Q2SUM,Q3SUM,QSUM

WZE = WZB

For i = 1 To 15

 If (WZB > 0) Then

 GWB = 10 * ALFA * WZB

 End If

 dWzeDz = WZE - DZ

 If (dWzeDz > 0) Then

 Q2 = 0

 Else

 Q2 = A2 * (DZ - WZE) ^ 2

 End If

 Q3 = A3 * (PZ - WZE)

 GWE = GWB - RCH + Q2 + Q3 + CAP

 WZEP = GWE / (10 * ALFA)

 WZE = (WZE + WZEP) / 2

Next i

 WZE1 = (WZE + WZB) / 2

 Q2 = A2 * (DZ - WZE1) ^ 2

 ST = DZ - WZE1

 If (ST < 0) Then Q2 = 0

 Q2SUM = Q2SUM + Q2

 Q3 = A3 * (PZ - WZE1)

 Q3SUM = Q3SUM + Q3

 GWE = GWB - RCH + Q2 + Q3 + CAP

 q1 = q1

 If (GWE < 0) Then

 q1 = -GWE + q1

 GWE = GWB - RCH + CAP + q1 + Q2 + Q3

End If

 Q1SUM = Q1SUM + q1

 QSUM = Q1SUM + Q2SUM + Q3SUM

End Sub

'Hiperboliskā tangensa funkcija, kas nepieciešama Metul aprēķinos

Function TanH(value As Double) As Double

Dim temp As Double

temp = Exp(value)

TanH = (temp - 1 / temp) / (temp + 1 / temp)

End Function

'Grafika atveidei ekselī izmantojamā funkcija

Sub chartoshanaas(ByVal counts As Integer)

Dim myChtObj As ChartObject

Dim gals As String

For Each myChtObj In Sheets(sheetname).ChartObjects

myChtObj.Delete

Next myChtObj

modgals = resultColon & counts - 1

modsakums = resultColon & startCount

obsSakums = obsColon & startCount

obsGals = obsColon & counts - 1

Set myChtObj = Sheets(sheetname).ChartObjects.Add(Left:=100, Width:=375, Top:=75, Height:=225)

myChtObj.Chart.SetSourceData Source:=Sheets(sheetname).Range(modsakums, modgals)

myChtObj.Chart.ChartType = xlLine

End Sub

'Iepriekšējā koda daļa satur visas nepieciešamās darbības modelēšanai. Sekojošā koda daļa apkopo iepriekšējo kodu un ir piesaistāma pie palaidējmehānisma (īssaites, pogas, u.c.)

Public Sub subtest()

'Snow mainīgie

Dim ssbc As Double

Dim ssbsk As Double

Dim SSEc As Double

Dim ssesk As Double

Dim RS As Double
Dim ES As Double
Dim P As Double
Dim T As Double
Dim DEF As Double
Dim CMELT As Double
Dim KS As Double
Dim T1 As Double
Dim T2 As Double
Dim WMELT As Double
Dim WRFR As Double
Dim WHC As Double
Dim WHT As Double
Dim CFR As Double
Dim esum As Double
Dim gad As Integer
Dim men As Integer
Dim dat As Integer
Dim kop As Double
Dim iztv As Double
Dim ssbc1 As Double
'ASZ mainīgie
Dim ea As Double
'Dim RS As Double
'Dim ES As Double
Dim WZB As Double
Dim SMSB As Double
Dim SMSE As Double
Dim RCH As Double
Dim CAP As Double
Dim WMAX As Double
Dim KU As Double
Dim KL As Double
Dim ZCAP As Double
Dim q1 As Double

```

'Dim esum As Double
'GCWZ mainīgie
Dim PZ As Double
Dim GWB As Double
Dim GWE As Double
'Dim RCH As Double
'Dim CAP As Double
'Dim q1 As Double
Dim Q2 As Double
Dim Q3 As Double
'Dim WZB As Double
Dim WZE As Double
Dim ALFA As Double
Dim A2 As Double
Dim A3 As Double
Dim DZ As Double
Dim WZEP As Double
Dim Q1SUM As Double
Dim Q2SUM As Double
Dim Q3SUM As Double
Dim QSUM As Double
Worksheets(sheetname).Range("A:A").Cells(1, 1) = "WaterLevel"
'Kalibrācijas parametru atrašanās vietas
WMAX = Cells(2, 15)
ALFA = Cells(3, 15)
ZCAP = Cells(4, 15)
A2 = Cells(5, 15)
A3 = Cells(6, 15)
KU = Cells(7, 15)
KL = Cells(8, 15)
CMELT = Cells(9, 15)
T1 = Cells(10, 15)
T2 = Cells(11, 15)
KS = Cells(12, 15)
DZ = Cells(13, 15)

```

```

PZ = Cells(14, 15)
RCHROB = Cells(15, 15)
RCHROBZ = Cells(16, 15)
RCHROB2 = Cells(17, 15)
RCHROB2Z = Cells(18, 15)
ROBK = Cells(19, 15)
WHC = Cells(20, 15)
CFR = Cells(21, 15)
sser = 0
smser = 0
wzer = 100
    ssbc = sser
    SMSB = smser
    WZB = wzer
    SSEc = sser
    SMSE = smser
    WZE = wzer
        PSUM = 0
        DSum = 0
        Q1SUM = 0
        Q2SUM = 0
        Q3SUM = 0
        QSUM = 0
        ndien = 0
        ssbsk = 0
        ssbsk = 0
skaitiitaajs = 2
Do Until IsEmpty(Cells(skaitiitaajs, 1)) = True
gad = Cells(skaitiitaajs, 1)
men = Cells(skaitiitaajs, 2)
dat = Cells(skaitiitaajs, 3)
T = Cells(skaitiitaajs, 4)
P = Cells(skaitiitaajs, 5)
DEF = Cells(skaitiitaajs, 6)
    PSUM = PSUM + P

```

DSum = DSum + DEF

ndien = ndien + 1

'Izsauc aprēķinu sniega segai

Call SNOW(ssbc, ssbsk, SSEc, ssesk, RS, ES, P, T, DEF, CMELT, KS, T1, T2, WMELT, WRFR, WHC, WHT, CFR, esum, gad, men, dat, kop, iztv, ssbc1)

'Izsauc aprēķinu aktīvajā augsnes slānī

Call ASZ(ea, RS, ES, WZB, SMSB, SMSE, RCH, CAP, DEF, WMAX, KU, KL, ZCAP, q1, esum)
,

If (SSEc <= 0) Then

 If (RCH < RCHROB) Then

 q1 = q1

 Else

 qrch = RCHROB2 * TanH((RCH - RCHROB) / RCHROB2 / ROBK) + RCHROB

 qv = RCH - qrch

 If (qv <= 0) Then q1 = q1

 If (qv > 0) Then q1 = q1 + qv

 RCH = RCH - qv

 End If

Else

 If (RCH < RCHROBZ) Then

 q1 = q1

 Else

 qrch = RCHROB2Z * TanH((RCH - RCHROBZ) / RCHROB2Z / ROBK) + RCHROBZ

 qv = RCH - qrch

 If (qv <= 0) Then q1 = q1

 If (qv > 0) Then q1 = q1 + qv

 RCH = RCH - qv

 End If

End If

'Izsauc aprēķinu gruntsūdens piesātinātajā zonā

Call GCWZ(PZ, GWB, GWE, RCH, CAP, q1, Q2, Q3, WZB, WZE, ALFA, A2, A3, DZ, WZEP, Q1SUM, Q2SUM, Q3SUM, QSUM)

If (qs < 0) Then

 qs = 0

End If

'kur tiks dots.

kurliks = resultColon & ":" & resultColon

'WZE šajā kodā ir definēts kā gruntsūdens dziļums dienas beigās.

'Koda turpinājumā ir iespējams līdzīgā veidā norādīt papildus nepieciešamos izvades parametrus, piemēram, noteces.

Worksheets(sheetname).Range(kurliks).Cells(skaitiitaajs + startCount - 2, 1) = WZE

'atkomentējot nākamo rindiņu, kolonā B tiks aprēķināta arī drenu notece

Worksheets(sheetname).Range(kurliks).Cells(skaitiitaajs + startCount - 2, 2) = Q2

ssbc = SSEc

ssbsk = ssesk

SMSB = SMSE

WZB = WZE

skaitiitaajs = skaitiitaajs + 1

Loop

'Izsaukta diagrammas zīmēšanas funkcija, kur kā parametrs ir norādīts visu aplūkoto dienu skaits.

chartoshanaas (skaitiitaajs)

End Sub

Pielikums 1.2. Izmatotie PHP-MySQL kodi

a) Vispārīgai urbumu raksturojošu datu ieguvei no urbumu datubāzes

```
<?php
$user="";
$password="";
$database="";
$host="";
$link=mysql_connect($host,$user,$password);
@mysql_select_db($database) or die( "Unable to select database");
$urbumu_liste=file_get_contents('modlab.urb');
$urbumu_masiivs=explode("\t",$urbumu_liste);
$urbumu_skaiti=count($urbumu_masiivs);
for ( $counter = 0; $counter < $urbumu_skaiti; $counter += 1)
{
    //pieprasījums minimāliem un maksimāliem līmeņiem
    //$query="select max(lim), datums from ( select ns, lim, datums from hmetlimeni where datums
    LIKE '19__-__-__%' and ns=$urbumu_masiivs[$counter] ) as tble";
    //pieprasījums, kas iegūst koordinātes
    //$query="select ylk92 from w1 where ns=$urbumu_masiivs[$counter]";
    //pieprasījums, kas iegūst datumus visiem mērījumiem. nepieciešams pēc tam while cikls, lai dabūtu
    mysql rindas.
    //$query="select datums from hmetlimeni where ns=$urbumu_masiivs[$counter]";
    //$query=""
    $i=0;
    if (!$query) {
        die("Invalid query: ' . mysql_error());
    }
    $result=mysql_query($query);
    $skaiti=mysql_num_rows($result)-1;
    //echo $skaiti;
    while($row = mysql_fetch_array($result))
    {
        //echo $i." ".$skaiti."<br \>";

        if ($i==$skaiti) {
            echo $row[0]."\t";
        }
    }
}
```

```

        }
        $i=$i+1;
    }
    //$pedejais=;
    //echo "\t".$row[0];
}
mysql_close($link);
?>

```

b) Novēroto urbumu ūdens līmeņu datu ieguvei un apstrādei

```

<?php
$user="";
$password="";
$database="";
$host="";
$link=mysql_connect($host,$user,$password);
@mysql_select_db($database) or die( "Unable to select database");
$urbumu_strings="visi uzskaitītie urbumu datubāzes numuri atdalīti ar atstarpi";
$datumiii="1976-01-02      2000-04-19";
$datumarrays=explode("\t",$datumiii);
$saakumdatums=$datumarrays[0];
$beigdatums=$datumarrays[1];
$urbumu_masiivs=explode("\t",$urbumu_strings);
$urbumu_skaitis_masiivaa=count($urbumu_masiivs);
function dateDiff($start, $end) {
    $start_ts = strtotime($start);
    $end_ts = strtotime($end);
    $diff = $end_ts - $start_ts;
    return round($diff / 86400);
}
$skopaa= dateDiff($saakumdatums, $beigdatums)+1;
$spatreizdatums=strtotime($saakumdatums);
    for ( $counter = 0; $counter < $urbumu_skaitis_masiivaa; $counter += 1)
    {
        $query="select datums, lim from hmetlimeni where ns=$urbumu_masiivs[$counter]";
    }
}

```

```

$result=mysql_query($query);
$i=0;
while($row = mysql_fetch_array($result))
    {
        $allrows[$counter][$i]=$row[0].".".$row[1];
        $i=$i+1;
    }
}
mysql_close($link);
$j=0;
for ($j=0; $j<$surbumu_skaitis_masiivaa; $j+=1)
{
    $cikladataus=$patreizdataus;
    $diena=0;
    $ii=0;
    $maxskaitis=count($allrows[$j]);
    for ($diena=0; $diena<=$kopaa; $diena+=1) {
        if ($ii<$maxskaitis) {
            $dataus=explode("|", $allrows[$j][$ii]);
            $human_date= date('Y-m-d H:i:s', $cikladataus);
            if ($dataus[0]==$human_date) {
                $galamasiivs[$j][$diena]= "\t".$dataus[1];
                $ii+=1;
            }
            else {
                $galamasiivs[$j][$diena]="\tr";
            }
        }
        else{
            $galamasiivs[$j][$diena]="\tr";
        }
    }
    $cikladataus = $cikladataus+86400;
}
}
$j=0;

```



```

$diena=0;
$cikladataums=$patreizdataums;
for ($diena=0; $diena<$kopaa; $diena+=1){
$human_date= date('Y-m-d', $cikladataums);
echo $human_date;
$cikladataums = $cikladataums+86400;
    for ($surbums=0; $surbums<$surbumu_skaits_masiivaa; $surbums+=1){
        $steksts= str_replace(chr(10), "",$galamasiivs[$surbums][$diena]);
        $steksts= str_replace(chr(13), "",$steksts);
        echo $steksts;
    }
echo "\r";
}
?>

```

c)Gada katras dienas ilggadīgo vidējo interpolēto normalizēto gruntsūdens līmeņu attēla mēneša nosaukuma piešķiršana. Līdzīgi tika piekārtoti pārējie definētie attēli – mērogs, ziemeļu virziens un krāsu skala

```

<?php
for ($counter = 11; $counter <= 369; $counter += 1)
{
if (($counter < 18) or ($counter>=352)) {
    $menesaPNG = "oktobris.png";
} elseif (($counter < 48) and ($counter>=17)) {
    $menesaPNG = "novembris.png";
} elseif (($counter <78) and ($counter>=48)) {
    $menesaPNG = "decembris.png";
} elseif (($counter < 109) and ($counter>=78)) {
    $menesaPNG= "janvaris.png";
} elseif (($counter < 140) and ($counter>=109)) {
    $menesaPNG= "februaris.png";
} elseif (($counter < 168) and ($counter>=140)) {
    $menesaPNG= "marts.png";
} elseif (($counter < 199) and ($counter>=168)) {
    $menesaPNG= "aprilis.png";
} elseif (($counter < 229) and ($counter>=199)) {

```

```

$menesaPNG= "maijs.png";
} elseif (($counter < 260) and ($counter>=229)) {
    $menesaPNG = "junijs.png";
} elseif (($counter < 291) and ($counter>=260)) {
    $menesaPNG = "julijs.png";
} elseif (($counter < 331) and ($counter>=291)) {
    $menesaPNG = "augusts.png";
} elseif (($counter < 351) and ($counter>=331)) {
    $menesaPNG = "septembris.png";
}
$workingImageName="NAKOTNE_rel365_". $counter. ".png";
$image_1 = imagecreatefrompng($workingImageName);
$image_2 = imagecreatefrompng($menesaPNG);
imagealphablending($image_1, true);
imagesavealpha($image_1, true);
imagecopy($image_1, $image_2, 0, 0, 0, 180, 513, 790);
imagepng($image_1, $workingImageName. ".nosaukums.png");
}
?>

```

Pielikums 2.1. Vienkāršu un lineāri interpolētu novērojumu statistiskās atšķirības.

Pēc nejaušības principa izvēlēta urbuma ar datubāzes numuru 9592 viena mēneša (1976. gada februāra) novērojumi kreisajā kolonā un interpolēti novērojumi labajā kolonā. Pēdējās divās rindās aprēķinātas katras kolonas vidējās vērtības un interpolēto novērojumu vidējā vērtības procentuālā atšķirība pret neinterpolētu novērojumu vidējo vērtību.

9592	
	1,13
	1,13
1,13	1,13
	1,136666667
	1,143333333
1,15	1,15
	1,1575
	1,165
	1,1725
1,18	1,18
	1,183333333
	1,186666667
1,19	1,19
	1,175
	1,16
	1,145
1,13	1,13
	1,22
	1,31
1,4	1,4
	1,415
	1,43
	1,445
1,46	1,46
	1,3
	1,14
0,98	0,98
	0,653333333
	0,326666667
1,2025	1,1636206897
	3,23%

Pielikums 3.1. Informācija par pētījumā izmantotajiem urbumiem.

Izvēlēto gruntsūdens urbumu apkopojums

21

Grupas nr	Urbuma nr <i>Puma</i> datubāzē	Urbums pēc pirmavota	Urbuma filtra dziļums "no-līdz" no zemes virsmas	Urbuma absolūtā augstuma atzīme, metri vjl	Nogulumu veids filtra dziļumā	Novērojumu periods	Meteostacija	Administratīvā vienība	Vai iekļauts ilggadīgo novērojumu aprēķinos	piezīmes
0	2682	8	4.6-5.6	1.43	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1962-1990	Liepāja	Liepājas pilsēta	ir iekļauts	
	2691	202	3.1-4.6	1.09	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1979-1990			ir iekļauts	
	2692	203a	3.5-5	3.84	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1979-1990			ir iekļauts	
	2693	204a	3.2-4.7	3.19	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1979-1990			ir iekļauts	
	2695	205a	4.5-6	3.07	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1979-1990			ir iekļauts	
	2697	206a	1.5-3	2.82	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1973-1990			ir iekļauts	
	2699	207	3.3-4.8	2.5	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	-			nav iekļauts	pietrūkst datu
1	19055	210a/1	1.3-1.8	1.65	a Q4	1980-1990	Ventspils	Ventspils pilsēta	ir iekļauts	
	19056	211/1	1.3-1.8	2.47	a Q4	1980-1990			ir iekļauts	
	2771	211	5.9-7.8	2.42	a Q4	1970-1990			ir iekļauts	
	2773	212	4.5-6.4	6.37	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1970-1990			ir iekļauts	
	2775	212b	6.4-7.4	6.35	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1970-1990, 1977-1990			ir iekļauts	
	2776	213	5.2-7.1	5.96	g Q3 ltv	1969-1989			ir iekļauts	
	2777	214	4.5-6.4	5.94	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1969-1978			ir iekļauts	
	2778	215	4.7-6.6	2.57	a Q4	1969-1978		Ventspils novads, Tārgales pagasts	ir iekļauts	
	2779	216	5.7-7.7	6.18	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1969-1978		Ventspils pilsēta	ir iekļauts	
	2780	217	4.4-6.4	7.3	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	-			nav iekļauts	pietrūkst datu
	2781	217a	4.4-6.4	7.58	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1969-1978			ir iekļauts	
	2782	217b	4.1-8	7.2	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1969-1978			ir iekļauts	
2	2912	39a	2.7-3.7	82.7	Q	-	Saldus	Saldus novads, Zaņas pagasts	nav iekļauts	pietrūkst datu
3	2870	34 / 1	2-2.5	96.39	f,lg Q3 ltv 2	1977-1990		Saldus novads	ir iekļauts	
4	9568	238	4.2-7.4	114.14	Q	1978-1990		Brocēnu novads	ir iekļauts	
	9570	232/1	3-3.5	112.23	Q	1978-1990			ir iekļauts	
	9569	238/1	3.8-4.3	114.23	Q	1978-1990			ir iekļauts	
	9571	233 / 1	2.2-2.7	115.62	Q	1977-1990			ir iekļauts	
	9572	235/1	2.2-2.7	113.46	Q	1977-1990			ir iekļauts	
	9560	234/1	4.2-4.7	119.44	Q	1977-1990			ir iekļauts	
5	9573	48/1	2.1-2.6	107.47	f Q3 ltv	1977-1990		Dobeles novads	ir iekļauts	
6	9470	1	3.9-5.3	52.41	Q	1976-1987, 1989-1990	Dobele	Tukuma novads, Slampes pagasts	ir iekļauts	
	9474	5	1.5-2.9	32.78	Q	1976-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9477	8	0.7-2.2	19.9	Q	1976-1982			ir iekļauts	

Grupas nr	Urbuma nr <i>Puma</i> datubāzē	Urbums pēc pirmavota	Urbuma filtra dziļums "no-līdz" no zemes virsmas	Urbuma absolūtā augstuma atzīme, metri vjl	Nogulumu veids filtra dziļumā	Novērojumu periods	Meteostacija	Administratīvā vienība	Vai iekļauts ilggadīgo novērojumu aprēķinos	piezīmes
	9478	9	0.4-1.8	28.16	Q	1976-1987, 1989-1990		Cīriņpils pagasts	ir iekļauts	
	9480	11	0.5-1.9	29.86	Q	1976-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
7	19045	14	1.1-2.6	2.6	a,m Q4	1984-1988, 1989-1990	Jelgava	Jelgavas novads, Līvānu pagasts	ir iekļauts	
	19046	15	0.6-1.6	1.08	a Q4	1976-1981, 1984-1988, 1989-1990			ir iekļauts	
	19048	18	0.8-2.3	4.85	m Q4	1976-1981, 1984-1988, 1989-1990		Jelgavas novads, Valgundes pagasts	ir iekļauts	
	19049	19	1.4-2.4	3.76	m Q4	1976-1981, 1984-1988, 1989-1990			ir iekļauts	
	19053	23 / 1	0.3-2.3	1.03	m Q4	-			nav iekļauts	
	691	16	0.9-1.9	4.05	a,m Q4	1976-1981, 1984-1988, 1989-1990			ir iekļauts	
	19033	1	1.7-3.6	1.13	m Q4	1976-1981, 1984-1987			ir iekļauts	
	19034	2	2.7-4.7	0.7	a,m Q4	1976-1981			ir iekļauts	
	19035	3	1.8-3.8	0.74	a,m Q4	1976-1981, 1984-1985, 1987-1988, 1989-1990			ir iekļauts	
	19036	4	1.1-3.1	0.59	m Q4	1976-1981, 1984-1985, 1987-1988, 1989-1990			ir iekļauts	
	19037	5	3.1-4.6	1.03	m Q4	1976-1981, 1984-1988, 1989-1990			ir iekļauts	
	19040	9	9.6-11.6	1.21	g Q3 ltv	1976-1981, 1984-1988, 1989-1990			ir iekļauts	
	19041	10	0.8-1.8	1.1	a,m Q4	1976-1981, 1984-1988, 1989-1990			ir iekļauts	
	19042	11	0.9-1.9	1.67	a,m Q4	1976-1981, 1984-1988, 1989-1990		Jelgavas novads, Līvānu pagasts	ir iekļauts	

Grupas nr	Urbuma nr <i>Puma</i> datubāzē	Urbums pēc pirmavota	Urbuma filtra dziļums "no-līdz" no zemes virsmas	Urbuma absolūtā augstuma atzīme, metri vjl	Nogulumu veids filtra dziļumā	Novērojumu periods	Meteostacija	Administratīvā vienība	Vai iekļauts ilggadīgo novērojumu aprēķinos	piezīmes
	19043	12	0.2-2.2	0.92	a,m Q4	1976-1981, 1984-1985		Jelgavas novads, Valgundes pagasts	ir iekļauts	
	19044	13	0.9-1.8	0.98	a,m Q4	1976-1977, 1979-1981, 1984-1988, 1989-1990			ir iekļauts	
8	1587	422	4-5.5	1.54	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1983-1990	Rīga	Jūrmalas pilsēta	ir iekļauts	
	1592	415	5-10	2.56	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1983-1990			ir iekļauts	
9	1762	268	4.1-7.2	2.34	Q	1961-1990		Jūrmalas pilsēta	ir iekļauts	
	1766	269	4-7	2.16	Q	1961-1990			ir iekļauts	
	1777	270	4.1-7.3	4.33	Q	1961-1990			ir iekļauts	
	1791	218	9.9-13	3.06	Q	1963-1990			ir iekļauts	
	1834	17	2.7-5.9	3.05	Q	1961-1990			ir iekļauts	
	1846	18	4-7.1	3	Q	1961-1990			ir iekļauts	
	1898	218b	4.3-5.7	3.22	Q	-			nav iekļauts	
	2041	264	6.6-8.8	3.06	Q	1972-1990			ir iekļauts	
	3423	265	7.2-9.5	4.21	Q	1972-1990			ir iekļauts	
	4861	266	6.1-8.2	4.22	Q	1972-1990			ir iekļauts	
10	688	1a / 4590	2-9.8	9.83	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1973-1990		Rīgas pilsēta	ir iekļauts	vidējā vērtība svēta ar 0.7
	3213	VII-1n	7-10	9.45	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1986-1990			nav iekļauts	
	3255	XII-7n	7-10	3.42	a Q4	1986-1990			nav iekļauts	
	3259	XII-11n	7-10	3.16	a Q4	1986-1990			nav iekļauts	
	3260	XII-12n	7-10	2.97	a Q4	1986-1990			nav iekļauts	
	3261	XII-13n	5.9-8.9	2.46	a Q4	1986-1990			nav iekļauts	
	3278	XIV-4n	3.4-6.4	3.15	a Q4	1986-1990			ir iekļauts	vidējā vērtība svēta ar 0.3
	3313	XIX-3n	7.7-10.7	9.1	lg Q3 ltv b	1986-1990			nav iekļauts	
	3325	XXI-2n	9-12	7.29	lg Q3 ltv b	1986-1988			nav iekļauts	
11	1488	374	17.4-23	1.61	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1979-1984, 1986-1990	Skulte	Carnikavas novads, Carnikavas pagasts	nav iekļauts	
12	358	42n	5.5-6	10.68	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1978-1984	Rīga	Garkalnes novads, Garkalnes pagasts	nav iekļauts	
	359	43n	11.5-12	10.65	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1978-1984			nav iekļauts	
	360	44n	22.5-23	10.66	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1978-1984			nav iekļauts	
	362	50n	17.4-17.9	9.4	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1978-1984, 1986-1990			nav iekļauts	
	389	293	2.2-4.2	9.19	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1966-1976			nav iekļauts	
13	4	353	6-11	6.98	a Q4	1979-1982, 1986-1990	Skulte	Ādažu novads	ir iekļauts	

Grupas nr	Urbuma nr <i>Puma</i> datubāzē	Urbums pēc pirmavota	Urbuma filtra dziļums "no-līdz" no zemes virsmas	Urbuma absolūtā augstuma atzīme, metri vjl	Nogulumu veids filtra dziļumā	Novērojumu periods	Meteostacija	Administratīvā vienība	Vai iekļauts ilggadīgo novērojumu aprēķinos	piezīmes
14	9575	1	2.1-4	22.21	Q	1971-1990	Rīga	Ikšķiles novads	ir iekļauts	
	9576	2	2-4.7	23.03	Q	1971-1990			ir iekļauts	
15	713	445	2-5	30.69	Q	1985-1987, 1989-1990		Ķekavas novads, Daugmales pagasts	ir iekļauts	
16	544	82	2.5-8.4	30.12	lg Q3 ltv	1976-1990		Baldones novads	ir iekļauts	
17	9589	1	3-5	69.41	g Q3 ltv	1976-1978, 1980-1990	Rūjiena	Burtnieku novads, Vecates pagasts	ir iekļauts	
	9590	2	2.2-4.2	65.68	g Q3 ltv	-			nav iekļauts	
	9591	3	2.3-4.3	63.98	g Q3 ltv	1976-1978, 1980-1990			ir iekļauts	
	9592	4	2.3-4.3	68.01	g Q3 ltv	1976-1978, 1980-1990			ir iekļauts	
	9593	5	2.4-4.4	66.48	g Q3 ltv	1976-1978, 1980-1990			ir iekļauts	
	9595	7	2.6-4.6	67.75	g Q3 ltv	1976-1978, 1980-1990			ir iekļauts	
	9596	8	3.1-5.1	66.85	g Q3 ltv	1976-1978, 1980-1990			ir iekļauts	
	9597	9	3.2-5.1	63.63	g Q3 ltv	1976-1978, 1980-1990			ir iekļauts	
	9598	10	3.1-5.1	66.45	g Q3 ltv	1976-1978, 1980-1990			ir iekļauts	
	9599	11	3.7-5.7	66.5	g Q3 ltv	1976-1978, 1980-1990			ir iekļauts	
	9601	13	3.2-5.6	63.16	g Q3 ltv	1976-1978, 1980-1990			ir iekļauts	
	9603	15	3.3-5.2	68.53	g Q3 ltv	1976-1990			ir iekļauts	
	9604	16	4.4-6.5	69.74	g Q3 ltv	1976-1990			ir iekļauts	
	9605	17	2.8-5	69.18	g Q3 ltv	1976-1990			ir iekļauts	
	9608	20	1.7-2.2	68.47	g Q3 ltv	1976-1990			ir iekļauts	
	9609	21	2.6-3.1	69.83	g Q3 ltv	1976-1990			ir iekļauts	
	9610	22	2.5-3	63.12	g Q3 ltv	1976-1990			ir iekļauts	
	9611	23	1.9-2.4	61.11	g Q3 ltv	1976-1990			ir iekļauts	
	9612	24	3.3-3.8	62.71	g Q3 ltv	1979-1990			ir iekļauts	
	9613	25	2.7-3.2	65.8	g Q3 ltv	1979-1990			ir iekļauts	
	9614	26	2.8-3.3	66.5	g Q3 ltv	1979-1990			ir iekļauts	
	9615	1	3.5-4.9	54.52	g Q3 ltv	1976-1987, 1990		Valkas novads, Kārķu pagasts	ir iekļauts	
	9619	5	0.7-2.2	51.72	g Q3 ltv	1976-1978			ir iekļauts	

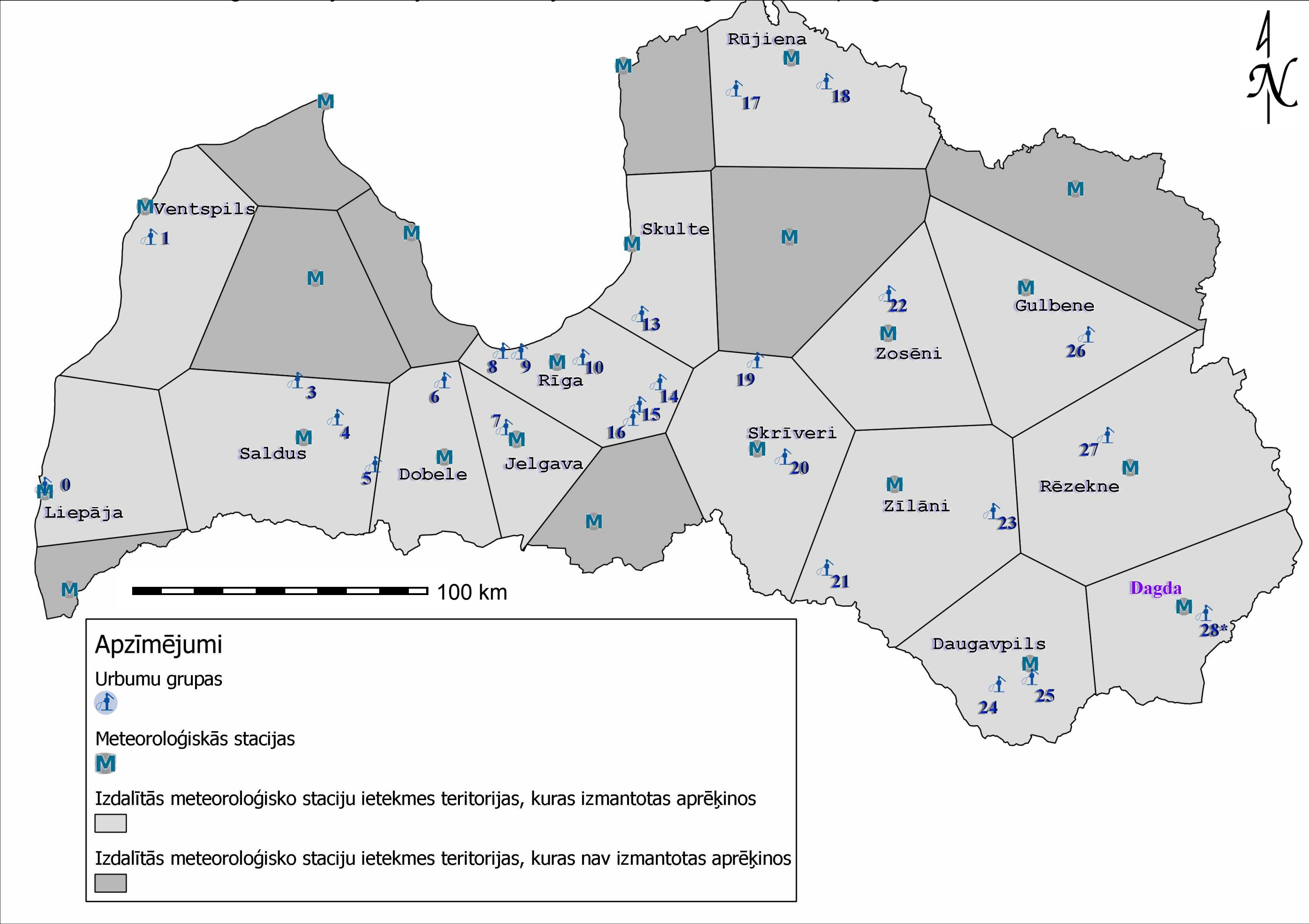
Grupas nr	Urbuma nr <i>Puma</i> datubāzē	Urbums pēc pirmavota	Urbuma filtra dziļums "no-līdz" no zemes virsmas	Urbuma absolūtā augstuma atzīme, metri vjl	Nogulumu veids filtra dziļumā	Novērojumu periods	Meteostacija	Administratīvā vienība	Vai iekļauts ilggadīgo novērojumu aprēķinos	piezīmes
18	9620	6	2-3.5	51.92	g Q3 ltv	1976-1987, 1990		Naukšēnu novads, Naukšēnu pagasts	ir iekļauts	
	9621	7	4.3-5.8	56.59	g Q3 ltv	1976-1987, 1990			ir iekļauts	
	9622	8	2.2-3.7	54.57	g Q3 ltv	1976-1987, 1990			ir iekļauts	
	9623	9	2.1-3.6	53.58	g Q3 ltv	1976-1987, 1990			ir iekļauts	
	9624	10	1.9-3.4	54.02	g Q3 ltv	1976-1987, 1990			ir iekļauts	
	9625	11	1.7-3.2	52.65	g Q3 ltv	1976-1987, 1990			ir iekļauts	
	9629	17	1.7-2.2	52	f Q3 ltv	1976-1987, 1990			ir iekļauts	
	9630	22	2.8-3.3	51.75	f Q3 ltv	1976-1987, 1990			ir iekļauts	
	9631	23	2.8-3.3	51.66	f Q3 ltv	1976-1987, 1990			ir iekļauts	
19	9585	7	3.7-6.4	98.66	Q	1971-1975, 1977-1982	Skrīveri	Ogres novads, Ķeipenes pagasts	ir iekļauts	
	9586	8	0.3-4.3	90.43	Q	1971-1975, 1977-1982			ir iekļauts	
20	9664	261	4.7-6.7	87.72	Q	1965-1977		Aizkraukles novads, Aizkraukles pilsēta	ir iekļauts	
	9665	262	3.1-5.1	88.36	Q	1965-1977		Aizkraukles novads, Aizkraukles pilsēta	ir iekļauts	
	9667	264	2.1-4.1	87.55	Q	1965-1972, 1976-1977			ir iekļauts	
21	9782	301	2.8-4.8	79.74	I Q4	1968-1969, 1970-1990	Zilāni	Viesītes novads, Saukas pagasts	ir iekļauts	
	9783	301/1	1.8-2.3	79.28	I Q4	1978-1989			ir iekļauts	
	9784	302	2-4	80.13	g Q3 ltv	1968-1977		Viesītes novads, Elkšņu pagasts	ir iekļauts	
	9785	302/1	2.1-2.6	80.14	I Q4	1978-1990		Viesītes novads, Saukas pagasts	ir iekļauts	
	9786	303	2-4.1	80.56	g Q3 ltv	1967-1973, 1974-1977		Viesītes novads, Elkšņu pagasts	ir iekļauts	
	9787	303/1	2.5-3	80.78	g Q3 ltv	1978-1990			ir iekļauts	
	9697	55 / 4968	38-40	180.55	Q	1978-1987, 1989-1990			nav iekļauts	neatbilstošs urbuma filtra dziļums gruntsūdens pētījumā izvēlētajam kritērijam

Grupas nr	Urbuma nr <i>Puma</i> datubāzē	Urbums pēc pirmavota	Urbuma filtra dziļums "no-līdz" no zemes virsmas	Urbuma absolūtā augstuma atzīme, metri vjl	Nogulumu veids filtra dziļumā	Novērojumu periods	Meteorostacija	Administratīvā vienība	Vai iekļauts ilggadīgo novērojumu aprēķinos	piezīmes
22	9698	56	2-4.8	181.42	g Q3 ltv	1978-1987, 1989-1990	Zosēni	Jaunpiebalgas novads, Zosēnu pagasts	ir iekļauts	
	9699	57	2.3-5.9	187.55	g Q3 ltv	1978-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9700	58	3.2-5.7	181.62	b Q4	1979-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9701	59	9.5-11	233.02	g Q3 ltv	1978-1987		Jaunpiebalgas novads, Jaunpiebalgas pagasts	ir iekļauts	
	9702	60	1.6-3.1	233.04	g Q3 ltv	1978-1987			ir iekļauts	
	9703	61	0.8-3.7	228.57	g Q3 ltv	1978-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9704	62	8.5-11.2	220.82	g Q3 ltv	1978-1983, 1985-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9705	63	4.4-6.4	214.86	g Q3 ltv	1978-1987			ir iekļauts	
	9707	65	11-13	214.95	g Q3 ltv	1978-1987			nav iekļauts	neatbilstošs urbuma filtra dziļums gruntsūdens pētījumā izvēlētajam kritērijam
	9708	66 / 4969	52-54	204.12	g Q3 ltv	1978-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9709	67	4.9-7	203.81	g Q3 ltv	1978-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9710	68	3.5-5.5	210.64	f Q3 ltv	1978-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9711	69	3.8-5.8	209.25	g Q3 ltv	1978-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9712	70	3.6-5.7	204.53	g Q3 ltv	1979-1980, 1981-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9713	15	3.4-6.8	187.12	g Q3 ltv	1978-1990		Jaunpiebalgas novads, Zosēnu pagasts	ir iekļauts	
	9714	16	3.6-6.1	183.52	g Q3 ltv	1960-1965, 1970-1975, 1978-1984, 1986-1990			ir iekļauts	
	9715	17	4.9-8.1	191.96	g Q3 ltv	1960-1965, 1970-1975, 1978-1990			ir iekļauts	
	9717	29	4.6-6.9	198.54	g Q3 ltv	-			nav iekļauts	pietrūkst datu
	9720	12	12.2-14.7	185.39	g Q3 ltv	1960-1964, 1969-1974, 1979-1990		Jaunpiebalgas novads, Jaunpiebalgas pagasts	nav iekļauts	neatbilstošs urbuma filtra dziļums gruntsūdens pētījumā izvēlētajam kritērijam
	9721	30	3-5.6	185.44	g Q3 ltv	1979-1983, 1985-1990			ir iekļauts	

Grupas nr	Urbuma nr <i>Puma</i> datubāzē	Urbums pēc pirmavota	Urbuma filtra dziļums "no-līdz" no zemes virsmas	Urbuma absolūtā augstuma atzīme, metri vjl	Nogulumu veids filtra dziļumā	Novērojumu periods	Meteostacija	Administratīvā vienība	Vai iekļauts ilggadīgo novērojumu aprēķinos	piezīmes
	9723	32	4.2-6.8	186	g Q3 ltv	1978-1983, 1985-1990			ir iekļauts	
23	9740	41 a	2.6-3	96.2	a Q4	1979-1980, 1982-1986	Zīlāni	Līvānu novads, Rudzātu pagasts	ir iekļauts	
	9741	42 a	2.3-2.8	98.1	lg Q3 ltv	1979-1980, 1982-1990			ir iekļauts	
	9742	43 a	3.2-3.7	97.1	lg Q3 ltv	1979-1980, 1982-1990			ir iekļauts	
	9743	41	1-2.5	97	lg Q3 ltv	1977-1980, 1982-1990			ir iekļauts	
	9745	47	3.5-4	99.45	lg Q3 ltv	1977-1980, 1982-1983, 1985-1990			ir iekļauts	
	9747	42	5.2-6.7	101.28	Q	1977-1980, 1982-1990			ir iekļauts	
	9749	43	2.1-3.6	104	lg Q3 ltv	1977-1980, 1982-1983, 1985-1990			ir iekļauts	
	9752	45	2-3.5	98.5	Q	1977-1980, 1982-1990			ir iekļauts	
24	9692	229	2.3-2.8	91.58	a Q4	1983-1987, 1988-1989	Daugavpils	Daugavpils novads, Kalkūnes pagasts	ir iekļauts	
	9693	228	4.5-6.6	92.92	a Q4	1967-1989, 1974-1975, 1976-1979, 1981-1989			ir iekļauts	
	9694	228a	5.6-7.6	92.05	a Q4	-			nav iekļauts	
	9695	225	4.4-6.5	92.82	a Q4	1967-1979, 1981-1989			ir iekļauts	
	9790	224	3.1-5.2	89.12	a Q4	1967-1971			ir iekļauts	
	9791	226	4.8-6.9	92.92	a Q4	1967-1979, 1981-1990			ir iekļauts	
	9792	226 a	5.7-7.7	91.61	g Q3 ltv	1972-1977, 1983-1985, 1988-1989			ir iekļauts	
	9794	231	3.8-4.3	113.35	g Q3 ltv	1981-1982, 1983-1990			ir iekļauts	
	9795	218 b	6.9-9	94.52	a Q4	1977-1979, 1981-1982, 1984-1989		Daugavpils novads, Naujenes pagasts	ir iekļauts	

Grupas nr	Urbuma nr <i>Puma</i> datubāzē	Urbums pēc pirmavota	Urbuma filtra dziļums "no-līdz" no zemes virsmas	Urbuma absolūtā augstuma atzīme, metri vjl	Nogulumu veids filtra dziļumā	Novērojumu periods	Meteostacija	Administratīvā vienība	Vai iekļauts ilggadīgo novērojumu aprēķinos	piezīmes
25	9796	218 a	6.8-8.8	94.48	a Q4	1977-1979, 1981-1982, 1984-1989		Daugavpils novads, Tabores pagasts	ir iekļauts	
	9797	218	3.8-6	97.88	Q	1967-1972, 1973-1979, 1981-1982, 1984-1989			ir iekļauts	
26	9679	8	5.4-6.4	93.94	Q	1976-1987, 1989-1990	Gulbene	Rugāju novads, Lazdukalna pagasts	ir iekļauts	
	9682	28	5.1-6.1	94.9	Q	1976-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
	9685	41	1.4-2.4	94.89	Q	1976-1987, 1989-1990			ir iekļauts	
27	9724	1	8.3-9.3	136.75	g Q3 ltv	1973-1990	Rēzekne	Rēzeknes novads, Dricānu pagasts	ir iekļauts	
	9725	2	2.1-3.1	134.99	g Q3 ltv	1973-1990			ir iekļauts	
	9726	3	2.4-3.4	127.31	g Q3 ltv	1972-1990			ir iekļauts	
	9727	4	2-3	126.76	f Q3 ltv	1972-1990			ir iekļauts	
	9728	5	2.1-3.1	118.08	f Q3 ltv	1972-1990			ir iekļauts	
	9729	6	0.3-1.3	117.78	b Q4	1972-1990			ir iekļauts	
	9730	7	2.1-3.1	109.08	g Q3 ltv	1972-1990			ir iekļauts	
	9731	8	1.4-2.4	109.34	lg Q3 ltv	1972-1990			ir iekļauts	
	9732	9	2.1-3.1	107.69	lg Q3 ltv	1972-1990			ir iekļauts	
	9733	10	1.3-2.3	105.26	lg Q3 ltv	1972-1990			ir iekļauts	
	9734	11	2.5-3.5	102.21	lg Q3 ltv	1972-1990			ir iekļauts	
	9735	12	2.8-3.8	102.17	lg Q3 ltv	1972-1990			ir iekļauts	
	9738	15	2.4-3.4	114.66	g Q3 ltv	1972-1990			ir iekļauts	
	9739	16	2.2-2.7	136.66	g Q3 ltv	1976-1990			ir iekļauts	
28	9687	30a	27.5-35.5	164.2	Q	1973-1990	Dagda	Dagdas novads, Svariņu pagasts	nav iekļauts	neatbilstošs urbuma filtra dziļums gruntsūdens pētījumā izvēlētajam kritērijam
	9689	17a	1.9-2.9	164.17	Q	1973-1990			ir iekļauts	
29	12	370	24-29	2.3	m,l,lg Q3 ltv b - Q4	1981-1982, 1986-1990	Rīga	Garkalnes novads, Garkalnes pagasts	nav iekļauts	neatbilstošs urbuma filtra dziļums gruntsūdens pētījumā izvēlētajam kritērijam

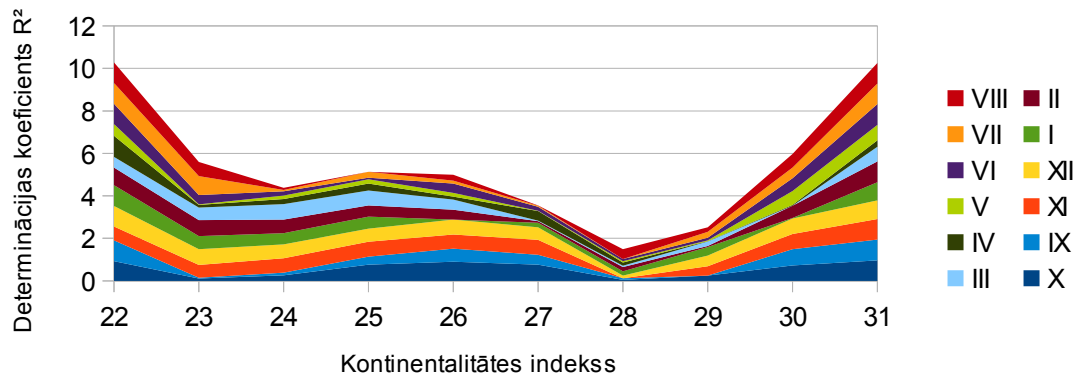
Pielikums 3.2. Apkopoto ģeneralizēto urbumu grupu un LVĢMC meteoroloģisko staciju karte. Latvijas teritorijas sadalījums veidots balstoties uz meteoroloģisko staciju izvietojumu, izmantojot Voronoi līdzīgās ietekmes poligonu metodi.



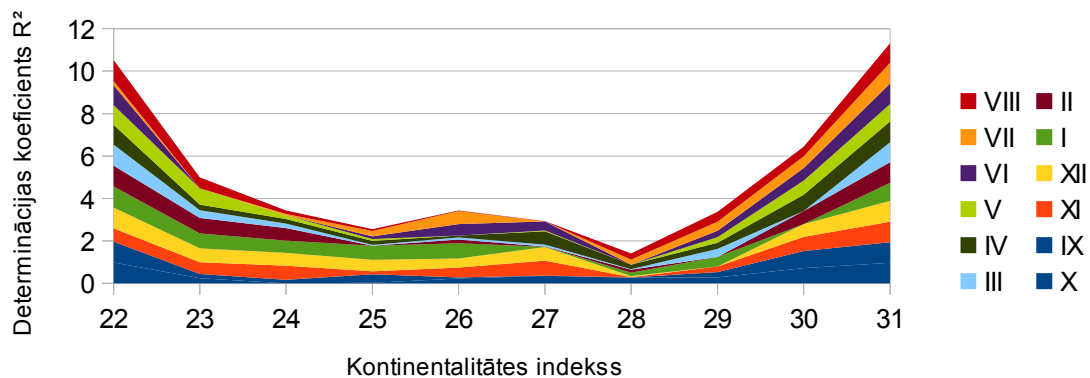
Pielikums 4.1

Pa mēnešiem izdalītie mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti:

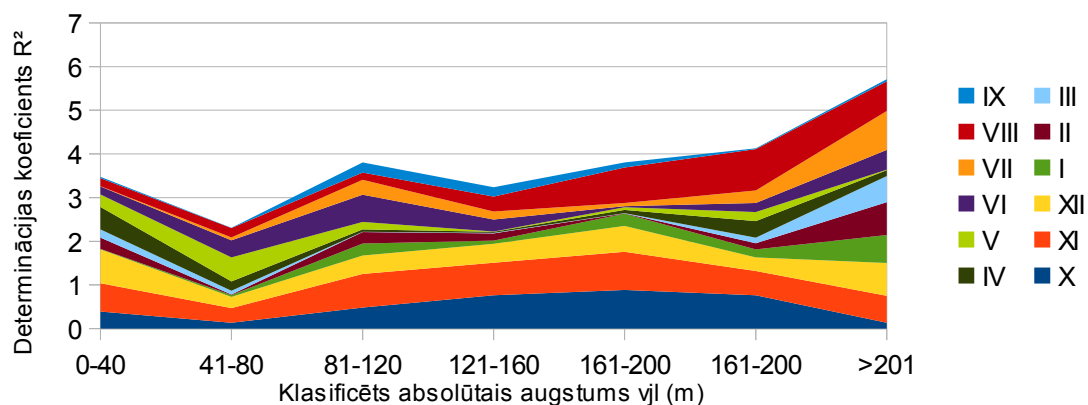
- pa mēnešiem un pēc kontinentalitātes indeksa izdalītie mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu;



- pa mēnešiem un pēc kontinentalitātes indeksa izdalītie mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL standartnovirzēm un nokrišņu daudzumu;



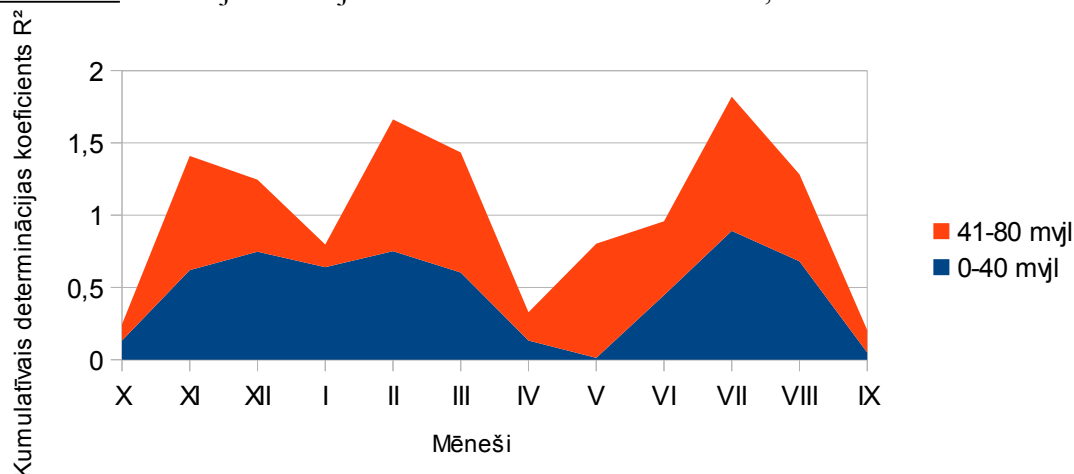
- pa mēnešiem un pēc absolūtā augstuma klasificētām teritorijām izdalītie mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu;



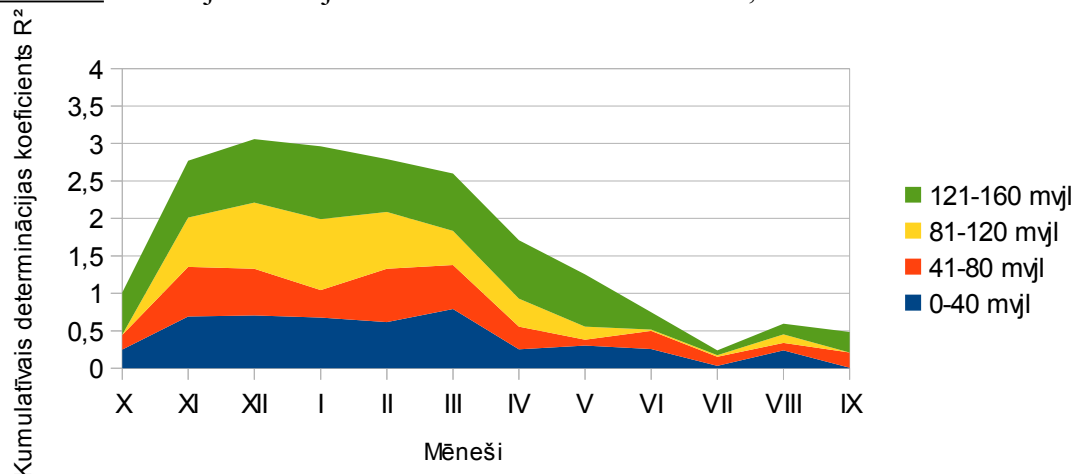
Pielikums 4.2

Pa mēnešiem, pēc kontinentalitātes indeksa un absolūtā augstuma klasificētām teritorijām izdalītie mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti:

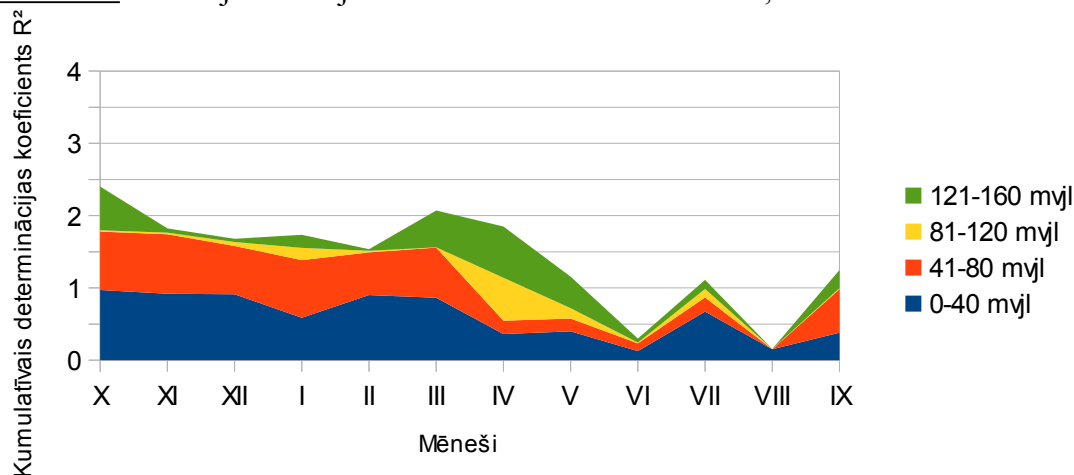
- Mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 23;



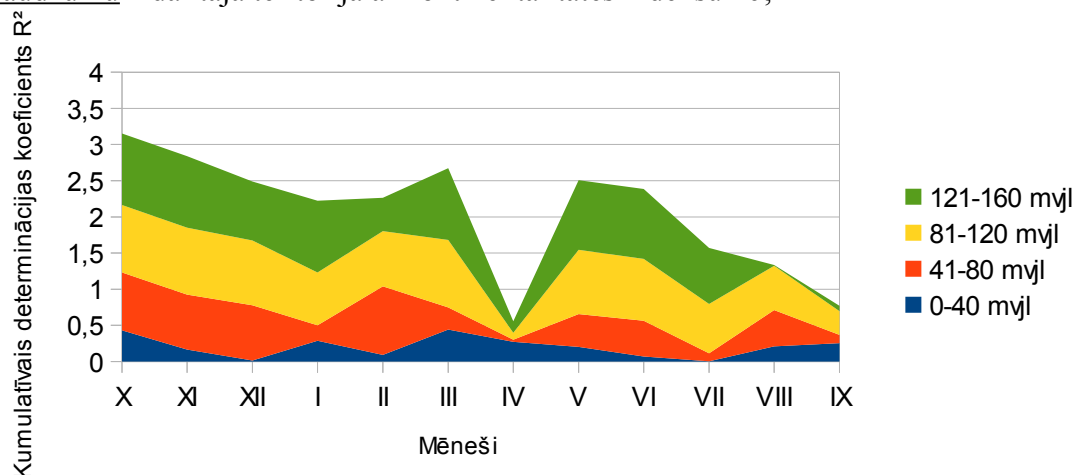
- Mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 24;



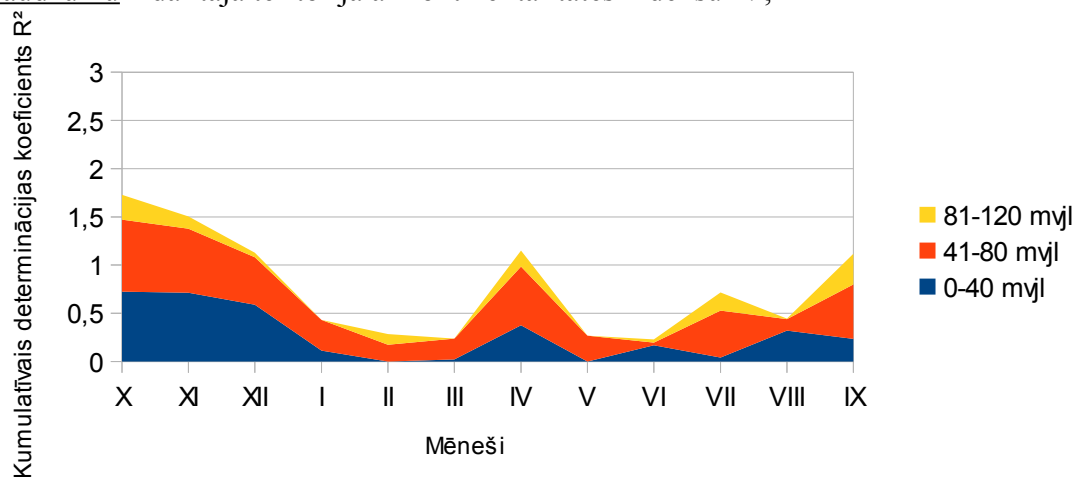
- Mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 25;



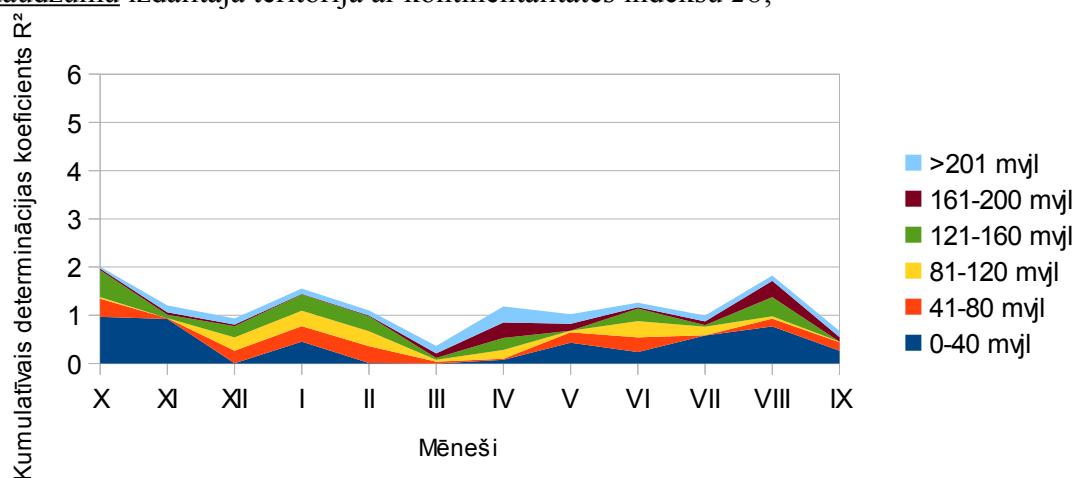
- Mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 26;



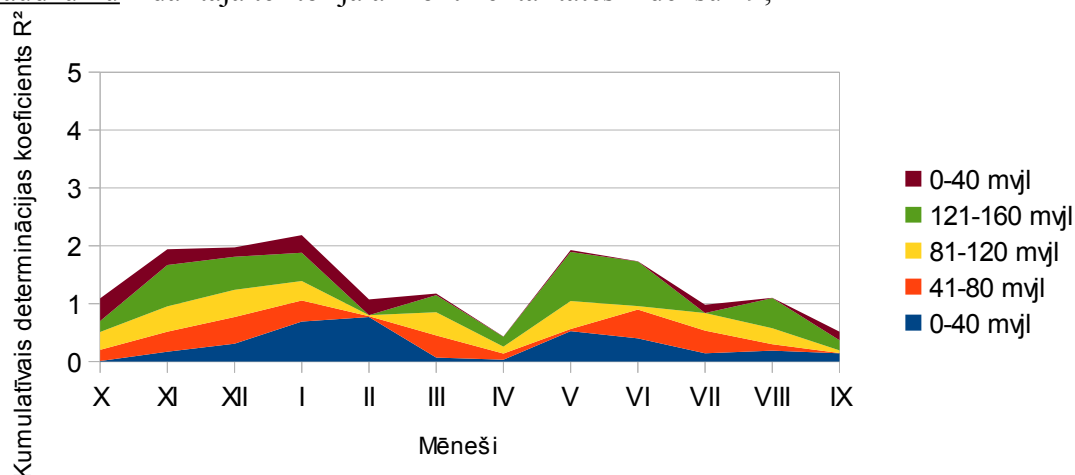
- Mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 27;



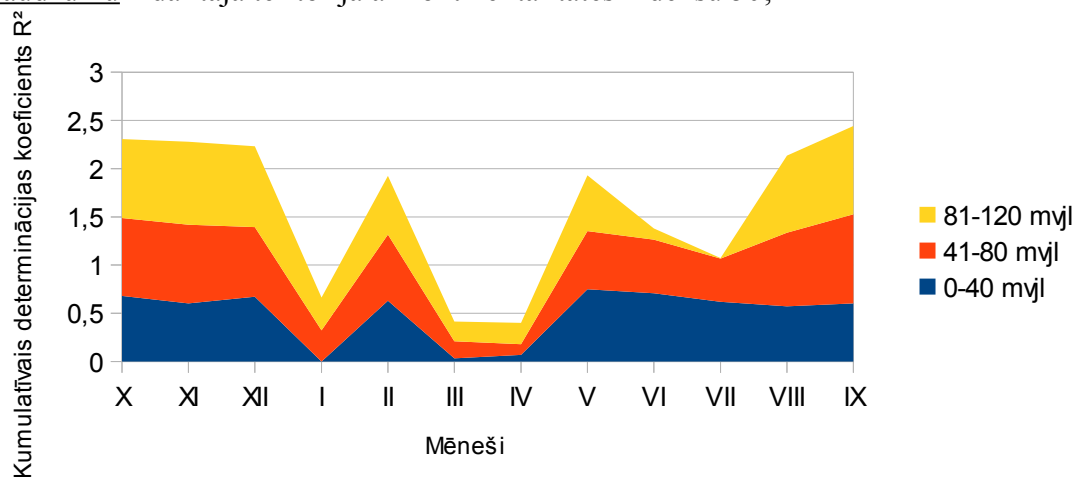
- Mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 28;



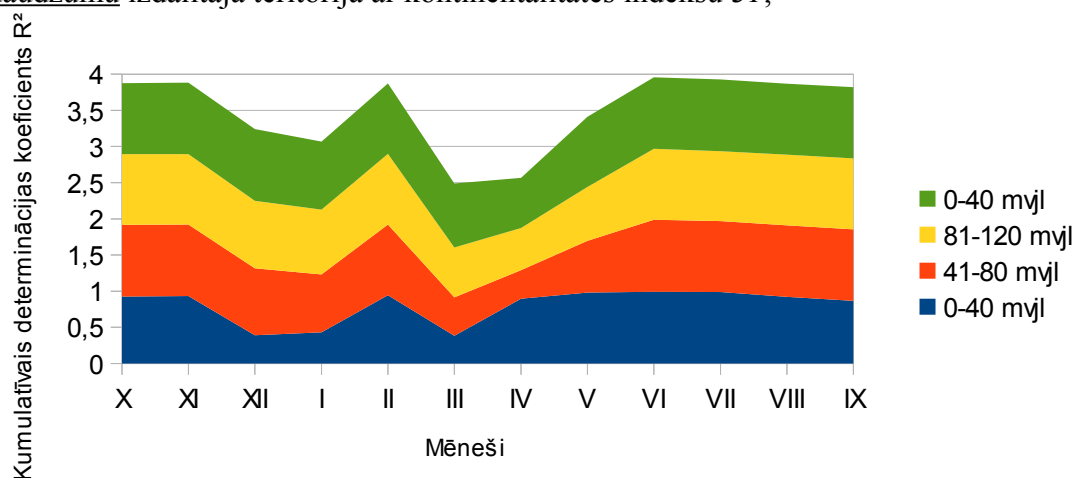
- Mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 29;



- Mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 30;



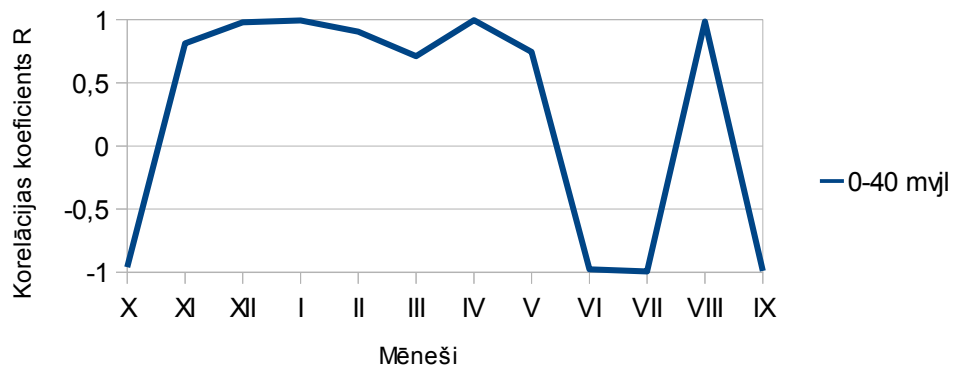
- Mēnešu kumulatīvie determinācijas koeficienti R^2 starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 31;



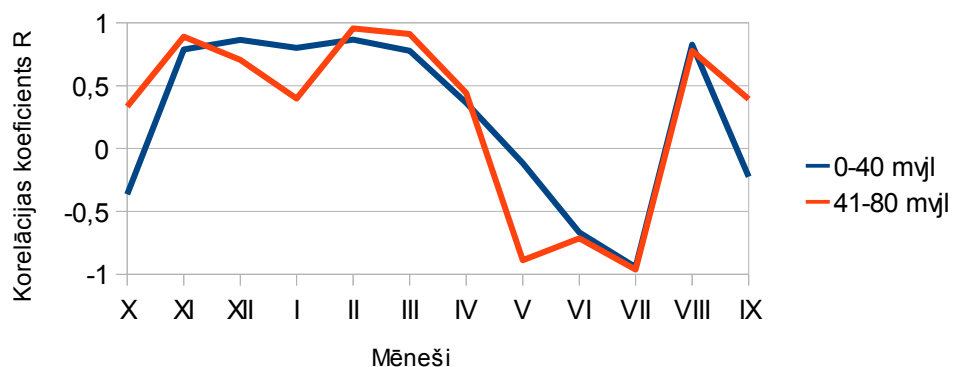
Pielikums 5.1

Pa mēnešiem, pēc kontinentalitātes indeksa un absolūtā augstuma klasificētām teritorijām izdalītie mēnešu korelācijas koeficienti:

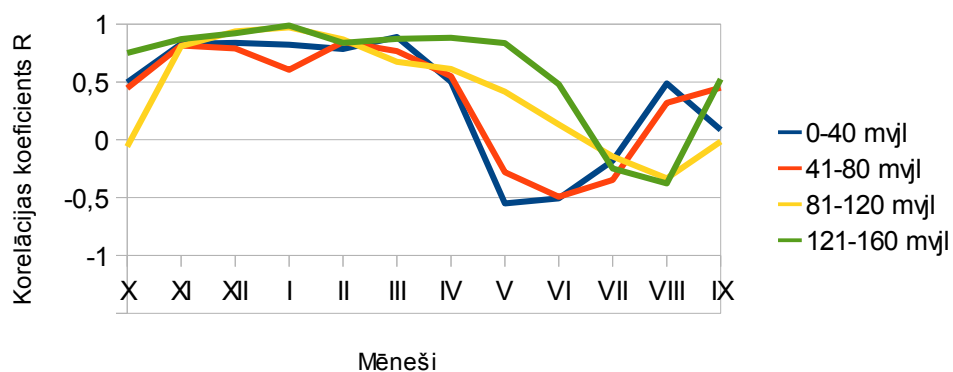
- Mēnešu korelācijas koeficienti R starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 22;



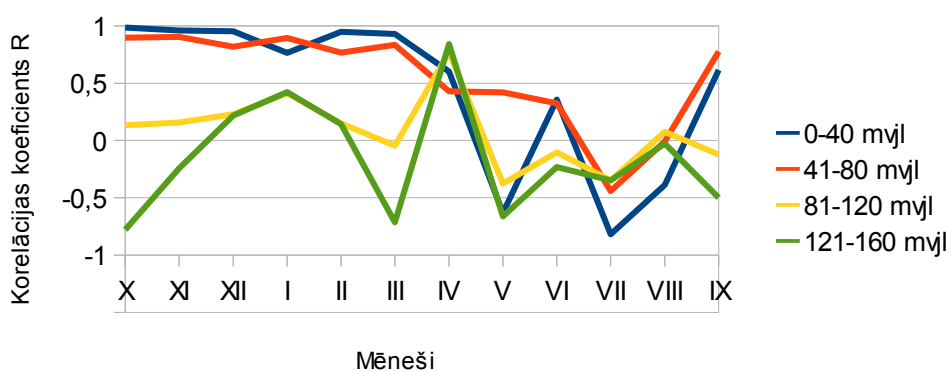
- Mēnešu korelācijas koeficienti R starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 23;



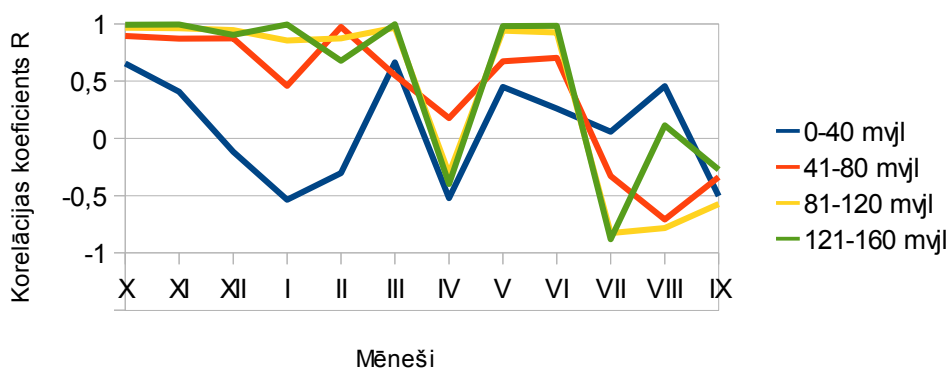
- Mēnešu korelācijas koeficienti R starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 24;



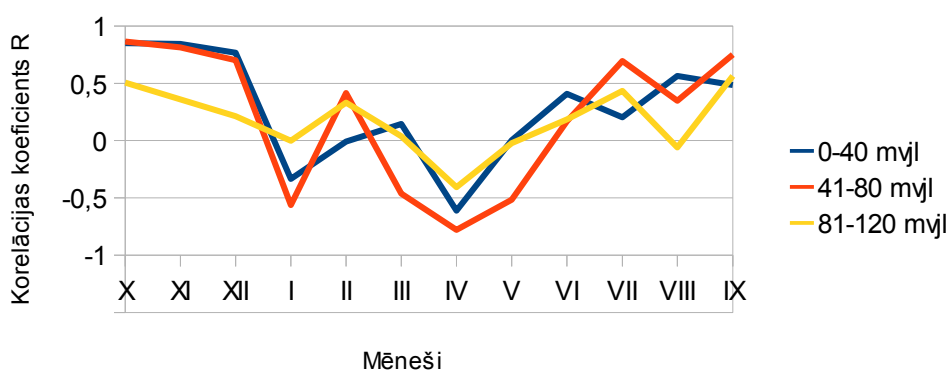
- Mēnešu korelācijas koeficienti R starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 25;



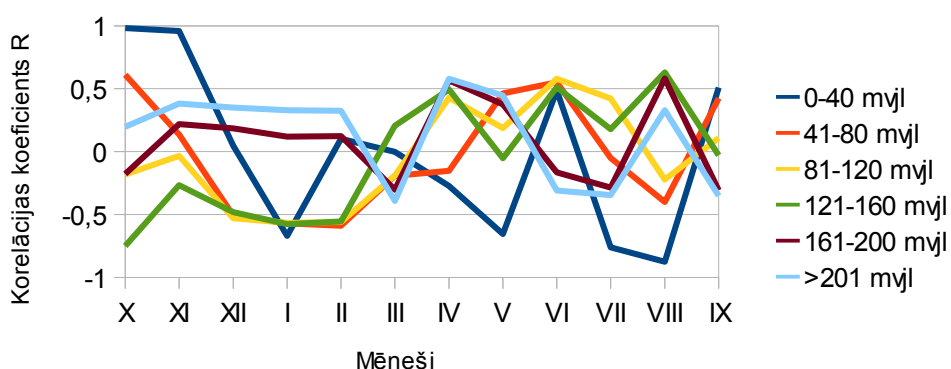
- Mēnešu korelācijas koeficienti R starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 26;



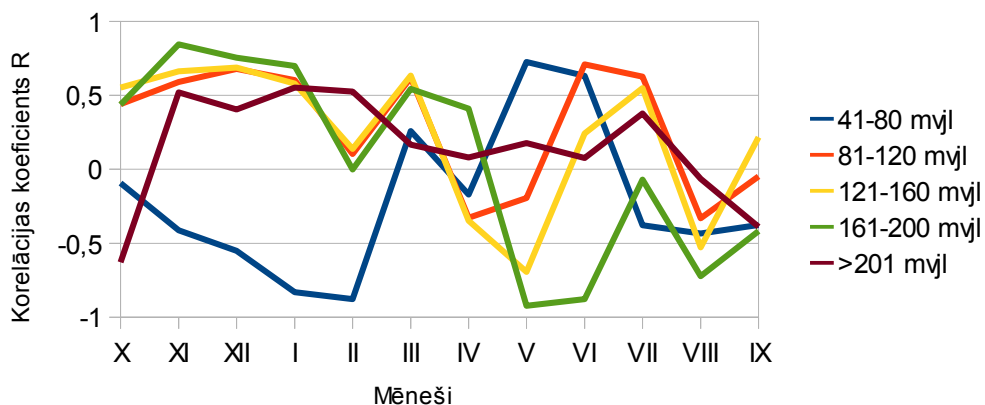
- Mēnešu korelācijas koeficienti R starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 27;



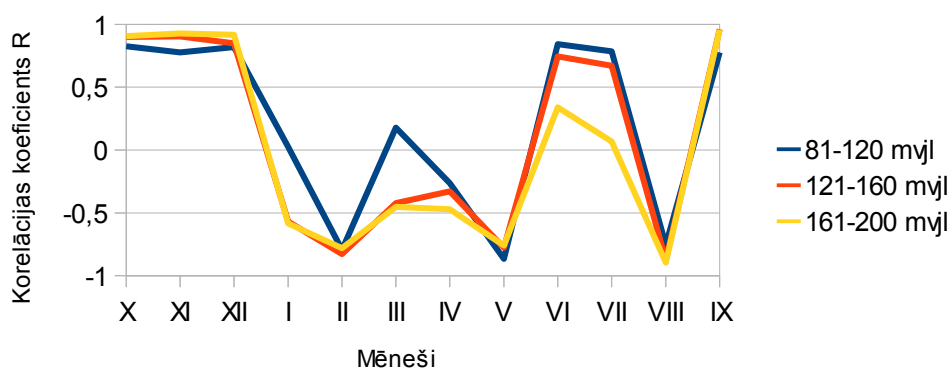
- Mēnešu korelācijas koeficienti R starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 28;



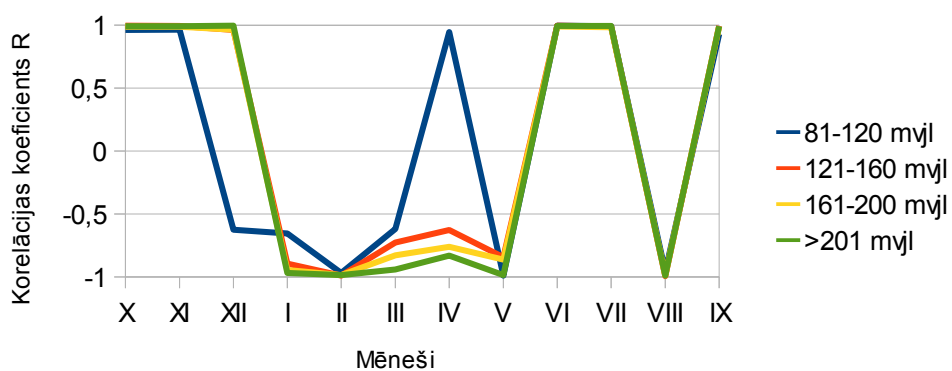
- Mēnešu korelācijas koeficienti R starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 29;



- Mēnešu korelācijas koeficienti R starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 30;



- Mēnešu korelācijas koeficienti R starp relatīvo GŪL un nokrišņu daudzumu izdalītajā teritorijā ar kontinentalitātes indeksu 3I;



Pielikums 6.1. Apkopoto IMVN GŪL novērojumu statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju.
 legūtie rezultāti atspoguļo attiecīgā rastra matricas visu šūnu vērtību kopējo statistiku.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Visa LATVIJAS teritorija												
minimum	0,000	0,000	0,368	0,286	0,174	0,111	0,914	0,385	0,010	0,000	0,000	0,011
maximum	0,896	0,830	1,000	1,000	0,751	0,977	1,000	1,000	0,520	0,371	0,265	0,614
range	0,896	0,830	0,632	0,714	0,576	0,865	0,086	0,615	0,510	0,371	0,265	0,603
mean	0,364	0,515	0,698	0,610	0,449	0,538	0,991	0,623	0,233	0,081	0,063	0,192
mean of absolute values	0,364	0,515	0,698	0,610	0,449	0,538	0,991	0,623	0,233	0,081	0,063	0,192
standard deviation	0,202	0,186	0,192	0,177	0,155	0,144	0,019	0,098	0,106	0,069	0,070	0,153
variance	0,041	0,035	0,037	0,031	0,024	0,021	0,000	0,010	0,011	0,005	0,005	0,023
variation coefficient	55,62%	36,11%	27,46%	28,98%	34,50%	26,69%	1,87%	15,76%	45,49%	85,33%	111,07%	79,63%
sum	36789,029	52010,599	70555,301	61638,885	45375,489	54408,039	100159,978	62957,940	23554,581	8142,541	6414,872	19365,081

Kontinentalitāte (22)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,369	0,662	0,881	0,746	0,603	0,663	0,914	0,536	0,130	0,051	0,013	0,152
maximum	0,593	0,739	1,000	0,840	0,662	0,699	0,980	0,551	0,248	0,116	0,132	0,377
range	0,224	0,077	0,119	0,094	0,059	0,036	0,066	0,014	0,118	0,066	0,132	0,225
mean	0,490	0,719	0,952	0,798	0,644	0,689	0,946	0,540	0,184	0,081	0,072	0,274
mean of absolute values	0,490	0,719	0,952	0,798	0,644	0,689	0,946	0,540	0,184	0,081	0,072	0,274
standard deviation	0,086	0,021	0,039	0,033	0,018	0,009	0,025	0,003	0,046	0,026	0,052	0,088
variance	0,007	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,003	0,008
variation coefficient	17,54%	2,88%	4,14%	4,13%	2,78%	1,27%	2,62%	0,63%	25,08%	31,90%	72,65%	32,12%
sum	1339,127	1965,773	2603,973	2181,372	1761,638	1884,217	2587,151	1476,523	503,981	221,350	196,845	749,634

Kontinentalitāte (23)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,369	0,619	0,877	0,745	0,582	0,637	0,914	0,534	0,106	0,040	0,000	0,152
maximum	0,651	0,752	1,000	0,840	0,664	0,706	0,983	0,557	0,248	0,116	0,158	0,424
range	0,281	0,132	0,123	0,094	0,082	0,069	0,069	0,023	0,142	0,076	0,158	0,272
mean	0,471	0,721	0,960	0,805	0,647	0,690	0,941	0,539	0,194	0,086	0,061	0,256
mean of absolute values	0,471	0,721	0,960	0,805	0,647	0,690	0,941	0,539	0,194	0,086	0,061	0,256
standard deviation	0,100	0,026	0,038	0,032	0,019	0,012	0,025	0,004	0,051	0,028	0,057	0,097
variance	0,010	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,003	0,009
variation coefficient	21,21%	3,55%	4,00%	4,03%	2,97%	1,81%	2,67%	0,71%	26,21%	31,99%	93,83%	38,04%
sum	2201,096	3372,799	4487,906	3761,387	3024,668	3225,025	4400,526	2521,502	906,737	402,532	283,020	1194,476

Kontinentalitāte (24)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,328	0,504	0,759	0,650	0,459	0,578	0,917	0,520	0,046	0,017	0,008	0,166
maximum	0,810	0,806	0,997	0,836	0,687	0,735	0,998	0,551	0,241	0,113	0,224	0,542

Apkopoto IMVN GŪL novērojumu statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju. Rastra aprēķini.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
range	0,481	0,302	0,237	0,186	0,227	0,156	0,081	0,032	0,195	0,096	0,216	0,376
mean	0,556	0,706	0,920	0,768	0,627	0,685	0,967	0,536	0,142	0,057	0,110	0,349
mean of absolute values	0,556	0,706	0,920	0,768	0,627	0,685	0,967	0,536	0,142	0,057	0,110	0,349
standard deviation	0,121	0,073	0,058	0,041	0,053	0,035	0,022	0,005	0,048	0,024	0,055	0,094
variance	0,015	0,005	0,003	0,002	0,003	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,003	0,009
variation coefficient	21,78%	10,30%	6,27%	5,35%	8,43%	5,14%	2,26%	0,98%	33,44%	42,51%	49,94%	26,90%
sum	3931,230	4995,595	6508,570	5429,855	4435,166	4846,260	6840,135	3789,846	1007,479	402,049	780,734	2467,784

Kontinentalitāte (25)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,310	0,472	0,703	0,535	0,407	0,581	0,984	0,398	0,010	0,000	0,000	0,235
maximum	0,896	0,830	0,953	0,773	0,699	0,746	1,000	0,539	0,211	0,040	0,265	0,614
range	0,585	0,358	0,250	0,238	0,292	0,165	0,016	0,141	0,201	0,040	0,265	0,379
mean	0,717	0,726	0,890	0,720	0,620	0,713	0,997	0,525	0,067	0,014	0,184	0,495
mean of absolute values	0,717	0,726	0,890	0,720	0,620	0,713	0,997	0,525	0,067	0,014	0,184	0,495
standard deviation	0,196	0,122	0,083	0,070	0,098	0,037	0,003	0,012	0,061	0,011	0,091	0,125
variance	0,038	0,015	0,007	0,005	0,010	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,008	0,016
variation coefficient	27,31%	16,87%	9,29%	9,67%	15,86%	5,21%	0,33%	2,38%	90,52%	82,14%	49,35%	25,20%
sum	5981,306	6054,057	7416,825	5999,424	5170,875	5947,036	8315,509	4374,238	561,401	114,324	1536,224	4128,609

Kontinentalitāte (26)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,216	0,307	0,614	0,538	0,334	0,447	0,985	0,503	0,136	0,000	0,000	0,028
maximum	0,582	0,781	0,867	0,843	0,607	0,825	1,000	0,825	0,411	0,169	0,137	0,352
range	0,366	0,474	0,254	0,305	0,273	0,378	0,015	0,323	0,276	0,169	0,137	0,324
mean	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
mean of absolute values	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
standard deviation	0,106	0,107	0,081	0,063	0,057	0,064	0,004	0,090	0,075	0,037	0,031	0,104
variance	0,011	0,012	0,006	0,004	0,003	0,004	0,000	0,008	0,006	0,001	0,001	0,011
variation coefficient	30,21%	18,60%	10,93%	9,68%	12,94%	11,34%	0,36%	14,06%	29,40%	52,61%	109,64%	79,38%
sum	6360,839	10476,858	13364,894	11887,760	8002,105	10269,175	18088,727	11576,275	4616,603	1269,624	519,336	2365,207

Kontinentalitāte (27)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,049	0,000	0,739	0,639	0,453	0,111	0,974	0,551	0,190	0,000	0,014	0,046
maximum	0,582	0,781	0,877	1,000	0,751	0,977	1,000	1,000	0,520	0,371	0,239	0,352
range	0,533	0,781	0,138	0,361	0,297	0,865	0,026	0,449	0,330	0,371	0,225	0,306
mean	0,372	0,487	0,810	0,802	0,567	0,585	0,989	0,657	0,281	0,081	0,099	0,187
mean of absolute values	0,372	0,487	0,810	0,802	0,567	0,585	0,989	0,657	0,281	0,081	0,099	0,187

Apkopoto IMVN GŪL novērojumu statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju. Rastra aprēķini.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
standard deviation	0,156	0,211	0,053	0,111	0,087	0,193	0,008	0,093	0,064	0,092	0,068	0,110
variance	0,024	0,044	0,003	0,012	0,008	0,037	0,000	0,009	0,004	0,008	0,005	0,012
variation coefficient	42,07%	43,19%	6,50%	13,84%	15,41%	32,96%	0,85%	14,23%	22,94%	113,89%	68,72%	58,61%
sum	4681,747	6140,787	10201,300	10096,576	7137,409	7363,283	12463,375	8273,723	3535,034	1018,450	1246,130	2361,759

Kontinentalitāte (28)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,216	0,307	0,614	0,538	0,334	0,447	0,985	0,503	0,136	0,000	0,000	0,028
maximum	0,582	0,781	0,867	0,843	0,607	0,825	1,000	0,825	0,411	0,169	0,137	0,352
range	0,366	0,474	0,254	0,305	0,273	0,378	0,015	0,323	0,276	0,169	0,137	0,324
mean	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
mean of absolute values	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
standard deviation	0,106	0,107	0,081	0,063	0,057	0,064	0,004	0,090	0,075	0,037	0,031	0,104
variance	0,011	0,012	0,006	0,004	0,003	0,004	0,000	0,008	0,006	0,001	0,001	0,011
variation coefficient	30,21%	18,60%	10,93%	9,68%	12,94%	11,34%	0,36%	14,06%	29,40%	52,61%	109,64%	79,38%
sum	6360,839	10476,858	13364,894	11887,760	8002,105	10269,175	18088,727	11576,275	4616,603	1269,624	519,336	2365,207

Kontinentalitāte (29)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,000	0,185	0,368	0,287	0,175	0,360	0,995	0,537	0,138	0,020	0,000	0,011
maximum	0,429	0,641	0,791	0,666	0,453	0,578	1,000	0,825	0,415	0,231	0,082	0,216
range	0,428	0,457	0,423	0,379	0,278	0,218	0,005	0,288	0,277	0,212	0,082	0,205
mean	0,257	0,449	0,600	0,519	0,355	0,444	0,999	0,695	0,303	0,104	0,024	0,098
mean of absolute values	0,257	0,449	0,600	0,519	0,355	0,444	0,999	0,695	0,303	0,104	0,024	0,098
standard deviation	0,104	0,117	0,124	0,104	0,072	0,048	0,001	0,077	0,077	0,055	0,028	0,043
variance	0,011	0,014	0,015	0,011	0,005	0,002	0,000	0,006	0,006	0,003	0,001	0,002
variation coefficient	40,33%	25,95%	20,71%	19,96%	20,44%	10,72%	0,09%	11,08%	25,57%	52,52%	114,95%	43,63%
sum	4345,386	7599,314	10148,638	8773,846	6000,431	7518,351	16902,275	11756,002	5117,983	1759,216	405,944	1658,982

Kontinentalitāte (30)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,000	0,184	0,368	0,286	0,174	0,360	0,999	0,537	0,138	0,019	0,000	0,011
maximum	0,350	0,481	0,589	0,454	0,360	0,420	1,000	0,779	0,415	0,231	0,082	0,159
range	0,350	0,297	0,221	0,168	0,185	0,060	0,001	0,243	0,277	0,212	0,082	0,148
mean	0,221	0,334	0,439	0,365	0,258	0,385	1,000	0,635	0,249	0,101	0,031	0,102
mean of absolute values	0,221	0,334	0,439	0,365	0,258	0,385	1,000	0,635	0,249	0,101	0,031	0,102
standard deviation	0,147	0,097	0,045	0,064	0,075	0,019	0,000	0,099	0,114	0,088	0,035	0,062
variance	0,022	0,009	0,002	0,004	0,006	0,000	0,000	0,010	0,013	0,008	0,001	0,004
variation coefficient	66,82%	29,12%	10,26%	17,49%	29,24%	4,95%	0,02%	15,63%	45,71%	87,66%	109,89%	60,61%

Apkopoto IMVN GŪL novērojumu statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju. Rastra aprēķini.

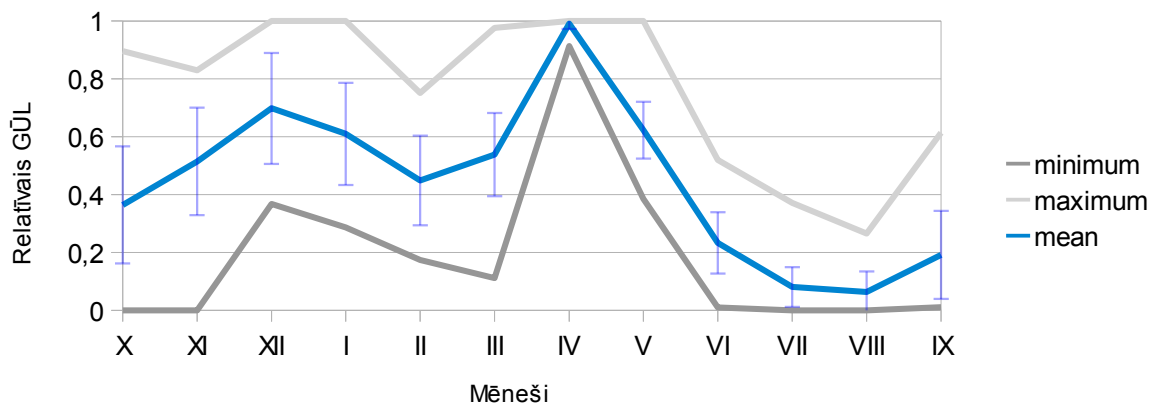
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
sum	4211,066	6375,397	8378,190	6972,463	4918,378	7349,132	19075,839	12122,905	4752,843	1923,502	599,734	1953,909

Kontinentalitāte (31)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,012	0,195	0,377	0,334	0,214	0,379	0,999	0,568	0,172	0,039	0,008	0,016
maximum	0,326	0,407	0,487	0,449	0,358	0,413	1,000	0,773	0,407	0,225	0,080	0,146
range	0,313	0,212	0,110	0,115	0,145	0,034	0,001	0,205	0,236	0,185	0,072	0,131
mean	0,164	0,306	0,443	0,413	0,304	0,403	0,999	0,680	0,300	0,138	0,047	0,078
mean of absolute values	0,164	0,306	0,443	0,413	0,304	0,403	0,999	0,680	0,300	0,138	0,047	0,078
standard deviation	0,095	0,066	0,034	0,032	0,042	0,008	0,000	0,061	0,070	0,056	0,021	0,039
variance	0,009	0,004	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,004	0,005	0,003	0,000	0,002
variation coefficient	57,57%	21,45%	7,72%	7,62%	13,73%	2,07%	0,02%	8,92%	23,31%	40,32%	45,38%	50,46%
sum	760,614	1414,654	2050,397	1912,491	1407,062	1865,961	4624,601	3145,902	1387,336	637,432	218,856	360,449

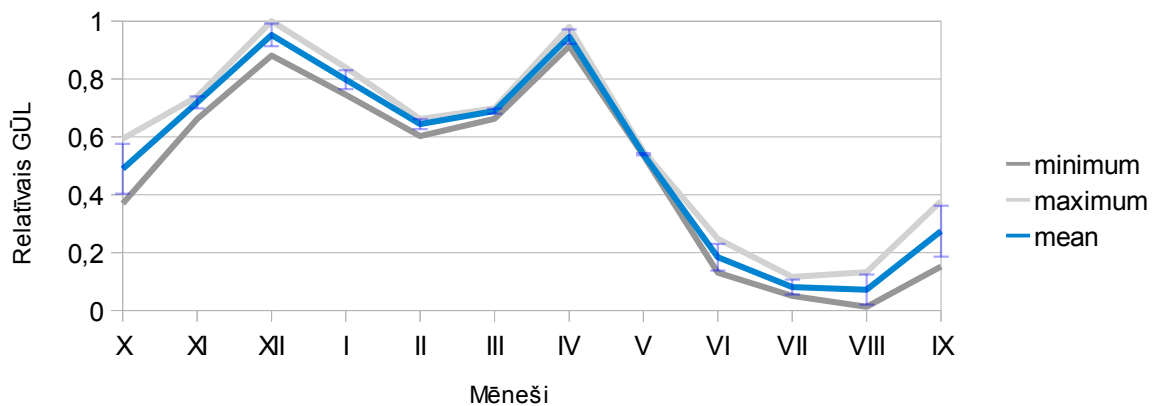
Pielikums 6.2

Vidējie, minimālie un maksimālie relatīvie GŪL:

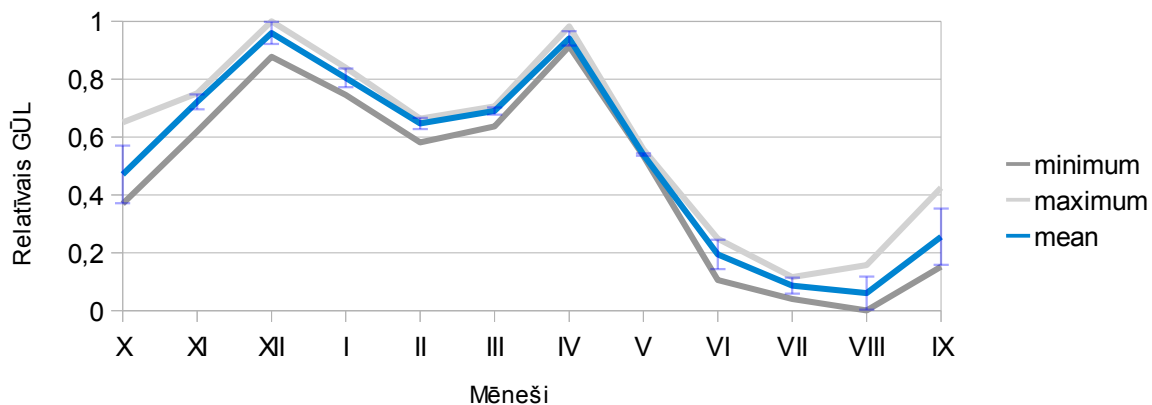
- Visā Latvijas teritorijā



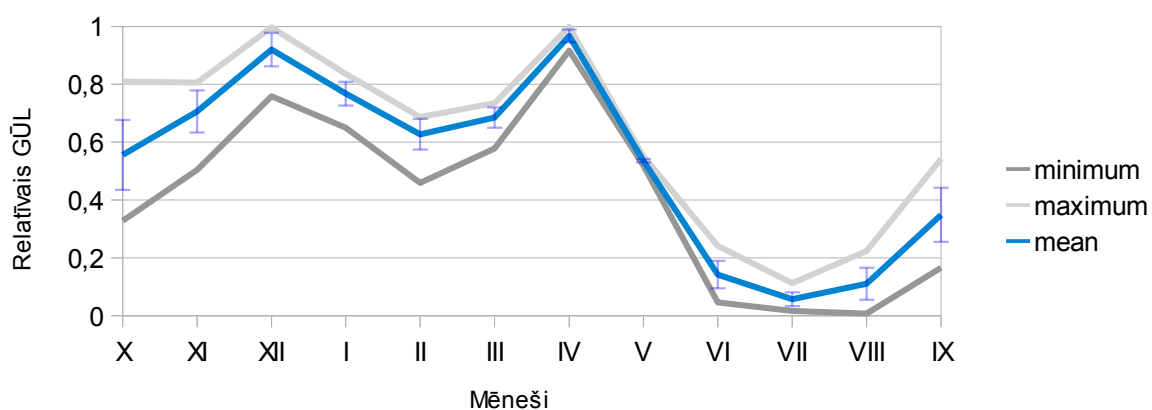
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 22



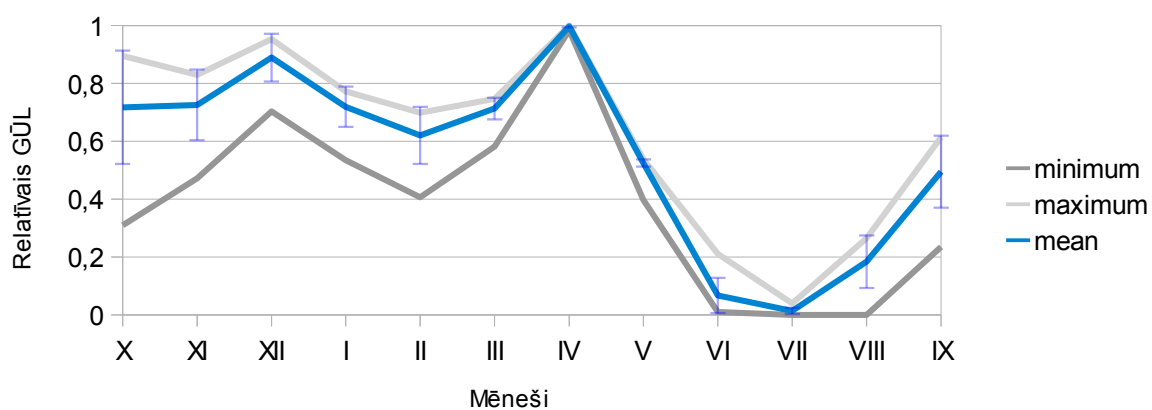
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 23



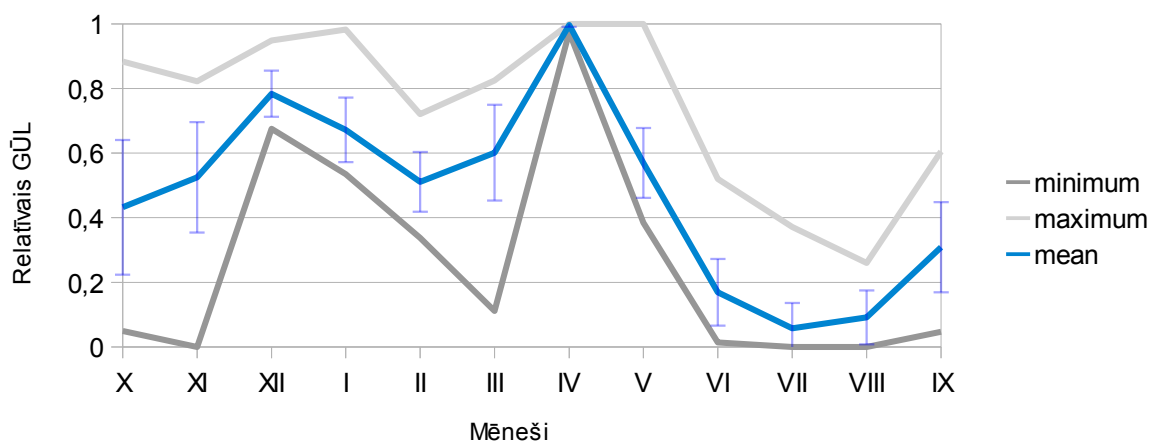
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 24



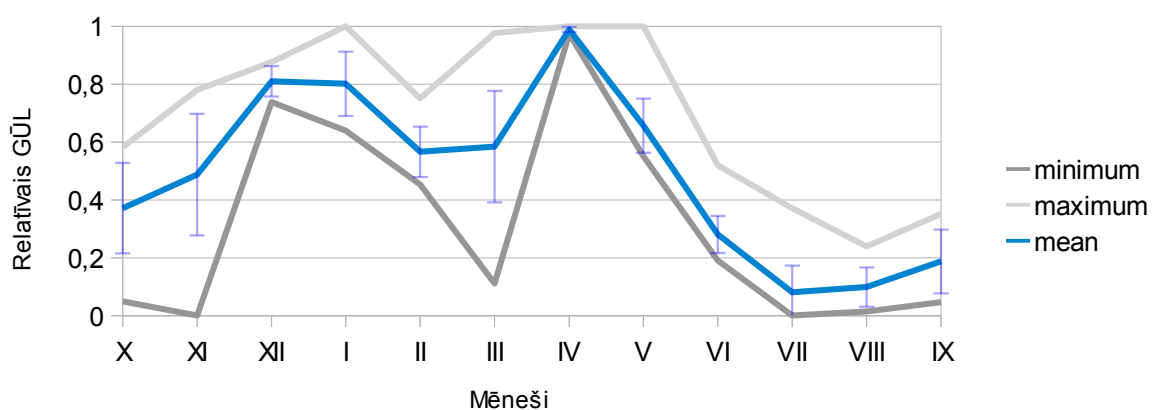
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 25



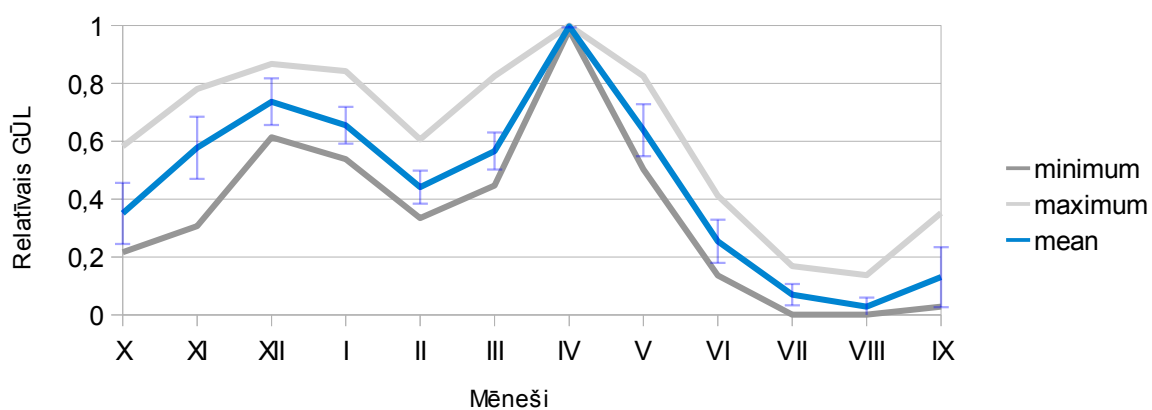
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 26



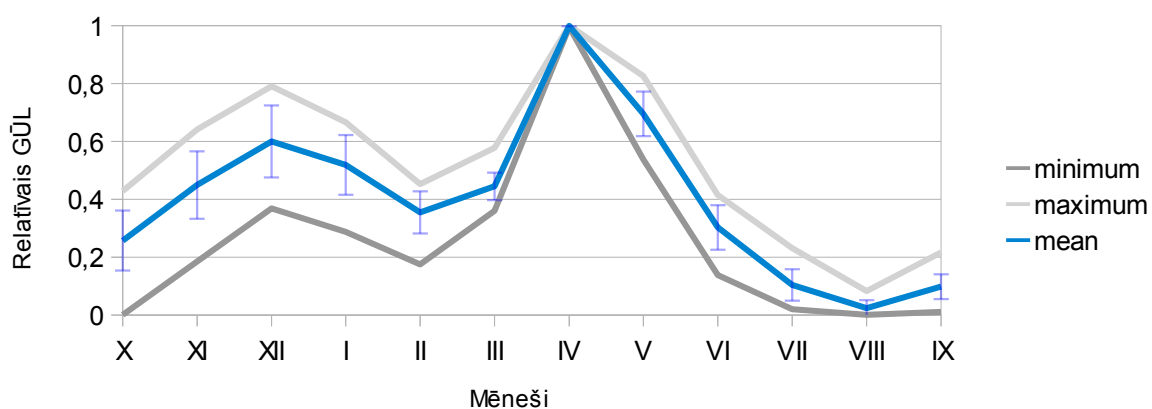
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 27



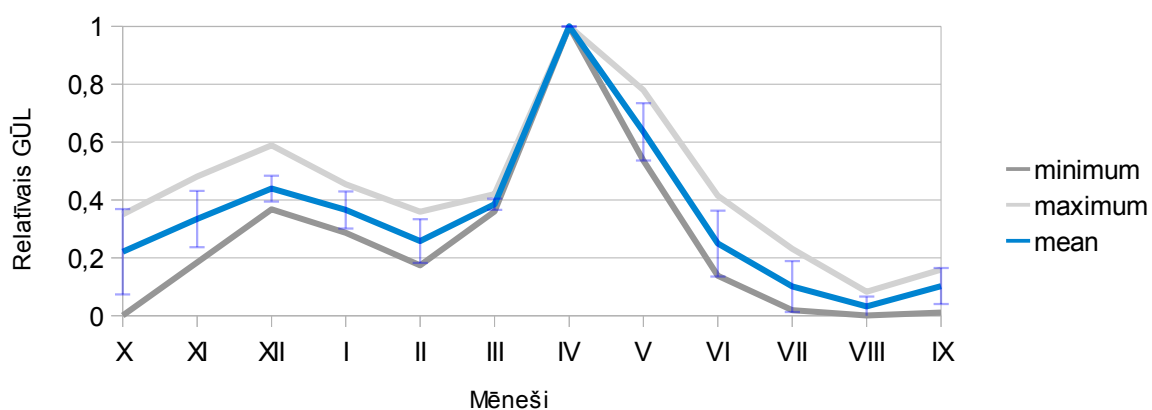
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 28



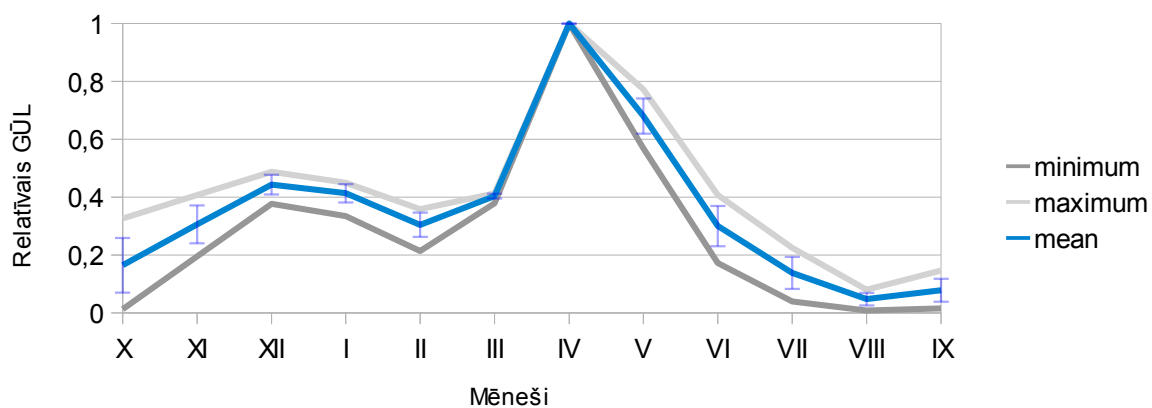
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 29



- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 30

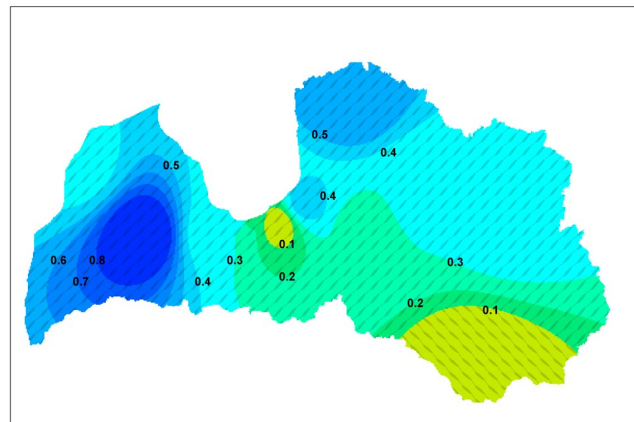


- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 31

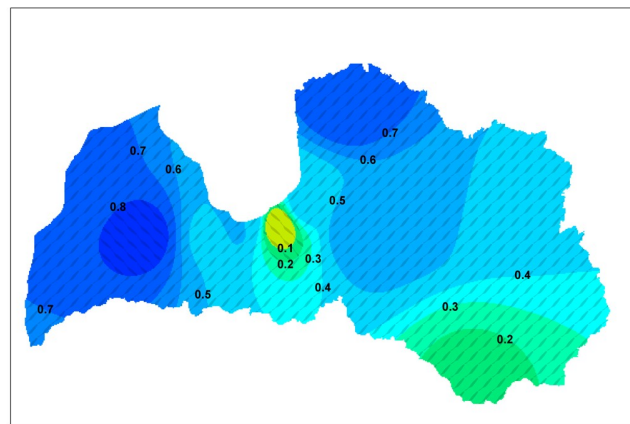


Pielikums 6.3. Novēroto ilggadīgo mēnešu vidējo normalizēto gruntsūdens līmeņu attēlojums pār visas Latvijas teritoriju.

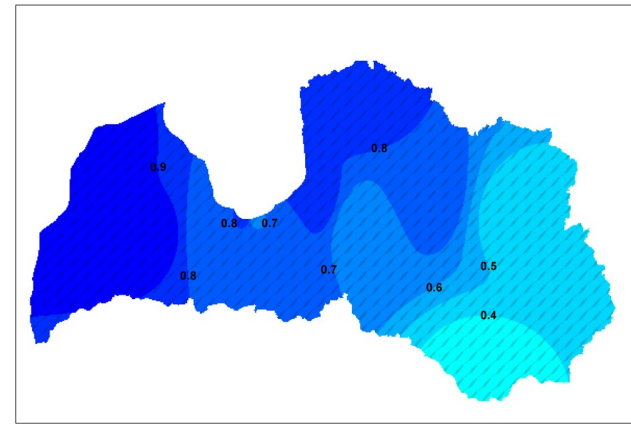
Oktobris



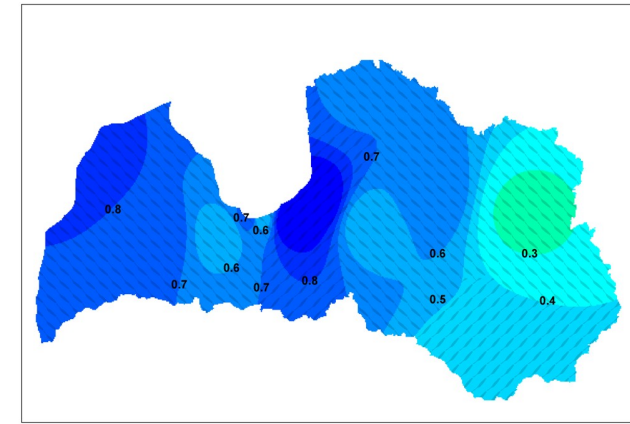
Novembris



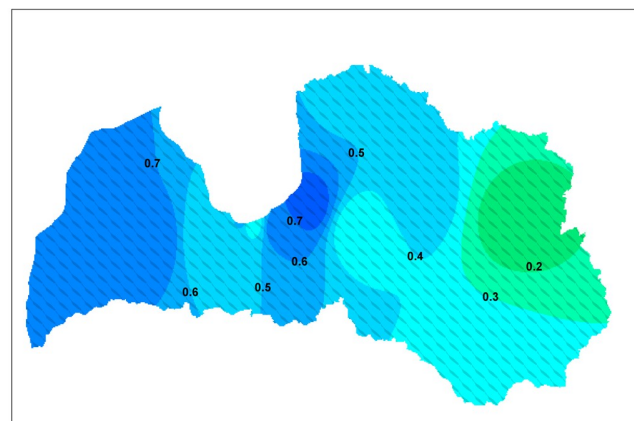
Decembris



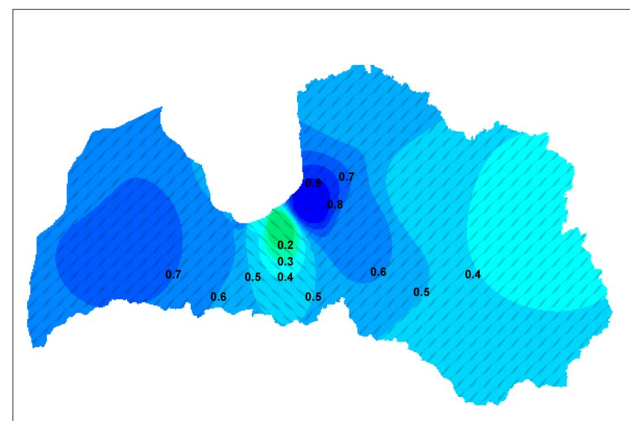
Janvāris



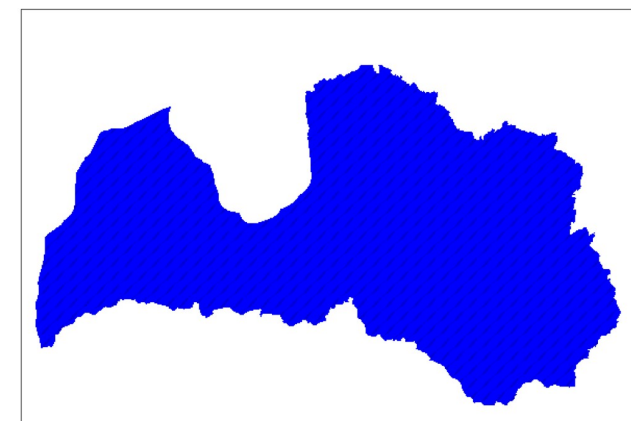
Februāris



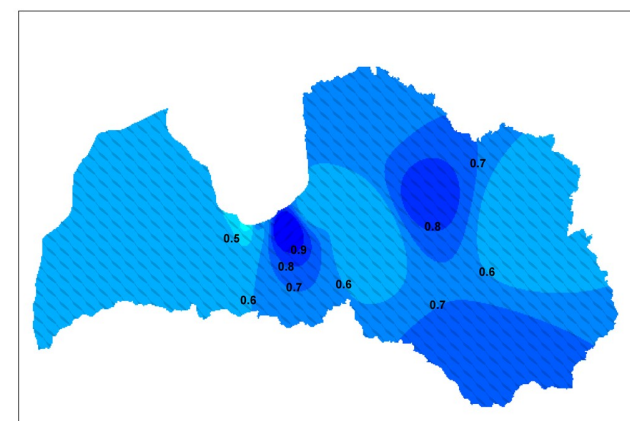
Marts



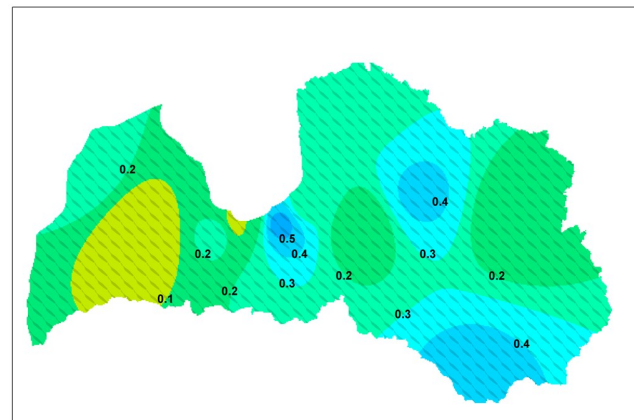
Aprīlis



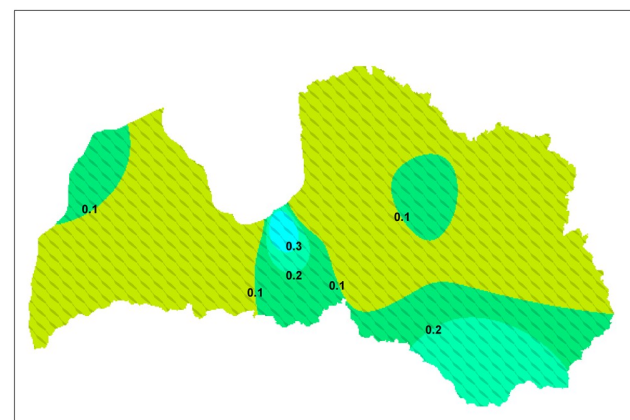
Maijs



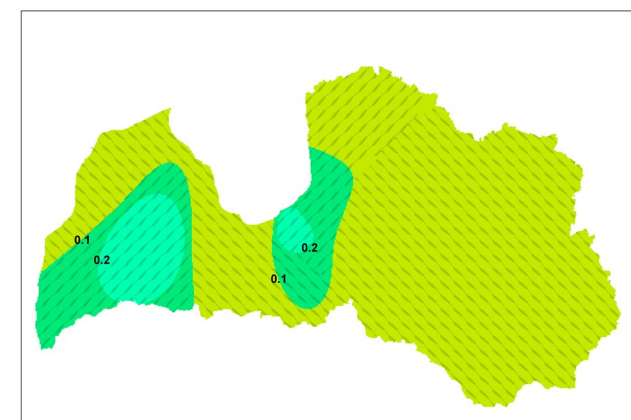
Jūnijs



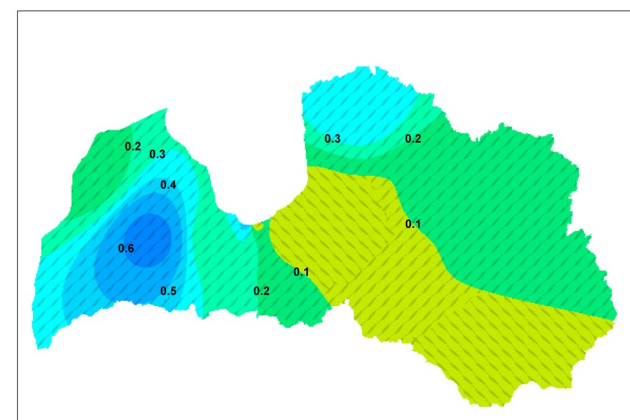
Jūlijs



Augusts

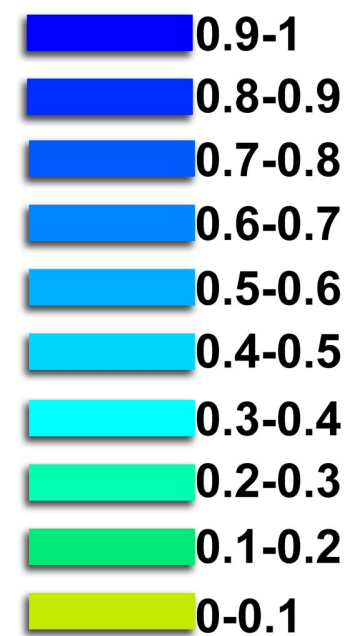


Septembris



Apzīmējumi

Relatīvais GūL



Teritorijas, kurās GUL pieaug attiecībā pret iepriekšējo

Teritorijas, kurās GUL samazinās attiecībā pret iepriekšējo



200 km

Iegūtie rezultāti atspoguļo attiecīgā rastra matricas visu šūnu vērtību kopējo statistiku.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Visa LATVIJAS teritorija												
minimum	0,000	0,000	0,368	0,286	0,174	0,111	0,914	0,385	0,010	0,000	0,000	0,011
maximum	0,896	0,830	1,000	1,000	0,751	0,977	1,000	1,000	0,520	0,371	0,265	0,614
range	0,896	0,830	0,632	0,714	0,576	0,865	0,086	0,615	0,510	0,371	0,265	0,603
mean	0,364	0,515	0,698	0,610	0,449	0,538	0,991	0,623	0,233	0,081	0,063	0,192
mean of absolute values	0,364	0,515	0,698	0,610	0,449	0,538	0,991	0,623	0,233	0,081	0,063	0,192
standard deviation	0,202	0,186	0,192	0,177	0,155	0,144	0,019	0,098	0,106	0,069	0,070	0,153
variance	0,041	0,035	0,037	0,031	0,024	0,021	0,000	0,010	0,011	0,005	0,005	0,023
variation coefficient	55,62%	36,11%	27,46%	28,98%	34,50%	26,69%	1,87%	15,76%	45,49%	85,33%	111,07%	79,63%
sum	36789,029	52010,599	70555,301	61638,885	45375,489	54408,039	100159,978	62957,940	23554,581	8142,541	6414,872	19365,081

Kontinentalitāte (22)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,369	0,662	0,881	0,746	0,603	0,663	0,914	0,536	0,130	0,051	0,013	0,152
maximum	0,593	0,739	1,000	0,840	0,662	0,699	0,980	0,551	0,248	0,116	0,132	0,377
range	0,224	0,077	0,119	0,094	0,059	0,036	0,066	0,014	0,118	0,066	0,132	0,225
mean	0,490	0,719	0,952	0,798	0,644	0,689	0,946	0,540	0,184	0,081	0,072	0,274
mean of absolute values	0,490	0,719	0,952	0,798	0,644	0,689	0,946	0,540	0,184	0,081	0,072	0,274
standard deviation	0,086	0,021	0,039	0,033	0,018	0,009	0,025	0,003	0,046	0,026	0,052	0,088
variance	0,007	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,003	0,008
variation coefficient	17,54%	2,88%	4,14%	4,13%	2,78%	1,27%	2,62%	0,63%	25,08%	31,90%	72,65%	32,12%
sum	1339,127	1965,773	2603,973	2181,372	1761,638	1884,217	2587,151	1476,523	503,981	221,350	196,845	749,634

Kontinentalitāte (23)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,369	0,619	0,877	0,745	0,582	0,637	0,914	0,534	0,106	0,040	0,000	0,152
maximum	0,651	0,752	1,000	0,840	0,664	0,706	0,983	0,557	0,248	0,116	0,158	0,424
range	0,281	0,132	0,123	0,094	0,082	0,069	0,069	0,023	0,142	0,076	0,158	0,272
mean	0,471	0,721	0,960	0,805	0,647	0,690	0,941	0,539	0,194	0,086	0,061	0,256
mean of absolute values	0,471	0,721	0,960	0,805	0,647	0,690	0,941	0,539	0,194	0,086	0,061	0,256
standard deviation	0,100	0,026	0,038	0,032	0,019	0,012	0,025	0,004	0,051	0,028	0,057	0,097
variance	0,010	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,003	0,009
variation coefficient	21,21%	3,55%	4,00%	4,03%	2,97%	1,81%	2,67%	0,71%	26,21%	31,99%	93,83%	38,04%
sum	2201,096	3372,799	4487,906	3761,387	3024,668	3225,025	4400,526	2521,502	906,737	402,532	283,020	1194,476

Kontinentalitāte (24)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,328	0,504	0,759	0,650	0,459	0,578	0,917	0,520	0,046	0,017	0,008	0,166
maximum	0,810	0,806	0,997	0,836	0,687	0,735	0,998	0,551	0,241	0,113	0,224	0,542

Atskaites periodā modelēto IMVN GŪL statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju. Rastra aprēķini.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
range	0,481	0,302	0,237	0,186	0,227	0,156	0,081	0,032	0,195	0,096	0,216	0,376
mean	0,556	0,706	0,920	0,768	0,627	0,685	0,967	0,536	0,142	0,057	0,110	0,349
mean of absolute values	0,556	0,706	0,920	0,768	0,627	0,685	0,967	0,536	0,142	0,057	0,110	0,349
standard deviation	0,121	0,073	0,058	0,041	0,053	0,035	0,022	0,005	0,048	0,024	0,055	0,094
variance	0,015	0,005	0,003	0,002	0,003	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,003	0,009
variation coefficient	21,78%	10,30%	6,27%	5,35%	8,43%	5,14%	2,26%	0,98%	33,44%	42,51%	49,94%	26,90%
sum	3931,230	4995,595	6508,570	5429,855	4435,166	4846,260	6840,135	3789,846	1007,479	402,049	780,734	2467,784

Kontinentalitāte (25)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,310	0,472	0,703	0,535	0,407	0,581	0,984	0,398	0,010	0,000	0,000	0,235
maximum	0,896	0,830	0,953	0,773	0,699	0,746	1,000	0,539	0,211	0,040	0,265	0,614
range	0,585	0,358	0,250	0,238	0,292	0,165	0,016	0,141	0,201	0,040	0,265	0,379
mean	0,717	0,726	0,890	0,720	0,620	0,713	0,997	0,525	0,067	0,014	0,184	0,495
mean of absolute values	0,717	0,726	0,890	0,720	0,620	0,713	0,997	0,525	0,067	0,014	0,184	0,495
standard deviation	0,196	0,122	0,083	0,070	0,098	0,037	0,003	0,012	0,061	0,011	0,091	0,125
variance	0,038	0,015	0,007	0,005	0,010	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,008	0,016
variation coefficient	27,31%	16,87%	9,29%	9,67%	15,86%	5,21%	0,33%	2,38%	90,52%	82,14%	49,35%	25,20%
sum	5981,306	6054,057	7416,825	5999,424	5170,875	5947,036	8315,509	4374,238	561,401	114,324	1536,224	4128,609

Kontinentalitāte (26)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,216	0,307	0,614	0,538	0,334	0,447	0,985	0,503	0,136	0,000	0,000	0,028
maximum	0,582	0,781	0,867	0,843	0,607	0,825	1,000	0,825	0,411	0,169	0,137	0,352
range	0,366	0,474	0,254	0,305	0,273	0,378	0,015	0,323	0,276	0,169	0,137	0,324
mean	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
mean of absolute values	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
standard deviation	0,106	0,107	0,081	0,063	0,057	0,064	0,004	0,090	0,075	0,037	0,031	0,104
variance	0,011	0,012	0,006	0,004	0,003	0,004	0,000	0,008	0,006	0,001	0,001	0,011
variation coefficient	30,21%	18,60%	10,93%	9,68%	12,94%	11,34%	0,36%	14,06%	29,40%	52,61%	109,64%	79,38%
sum	6360,839	10476,858	13364,894	11887,760	8002,105	10269,175	18088,727	11576,275	4616,603	1269,624	519,336	2365,207

Kontinentalitāte (27)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,049	0,000	0,739	0,639	0,453	0,111	0,974	0,551	0,190	0,000	0,014	0,046
maximum	0,582	0,781	0,877	1,000	0,751	0,977	1,000	1,000	0,520	0,371	0,239	0,352
range	0,533	0,781	0,138	0,361	0,297	0,865	0,026	0,449	0,330	0,371	0,225	0,306
mean	0,372	0,487	0,810	0,802	0,567	0,585	0,989	0,657	0,281	0,081	0,099	0,187
mean of absolute values	0,372	0,487	0,810	0,802	0,567	0,585	0,989	0,657	0,281	0,081	0,099	0,187

Atskaites periodā modelēto IMVN GŪL statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju. Rastra aprēķini.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
standard deviation	0,156	0,211	0,053	0,111	0,087	0,193	0,008	0,093	0,064	0,092	0,068	0,110
variance	0,024	0,044	0,003	0,012	0,008	0,037	0,000	0,009	0,004	0,008	0,005	0,012
variation coefficient	42,07%	43,19%	6,50%	13,84%	15,41%	32,96%	0,85%	14,23%	22,94%	113,89%	68,72%	58,61%
sum	4681,747	6140,787	10201,300	10096,576	7137,409	7363,283	12463,375	8273,723	3535,034	1018,450	1246,130	2361,759

Kontinentalitāte (28)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,216	0,307	0,614	0,538	0,334	0,447	0,985	0,503	0,136	0,000	0,000	0,028
maximum	0,582	0,781	0,867	0,843	0,607	0,825	1,000	0,825	0,411	0,169	0,137	0,352
range	0,366	0,474	0,254	0,305	0,273	0,378	0,015	0,323	0,276	0,169	0,137	0,324
mean	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
mean of absolute values	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
standard deviation	0,106	0,107	0,081	0,063	0,057	0,064	0,004	0,090	0,075	0,037	0,031	0,104
variance	0,011	0,012	0,006	0,004	0,003	0,004	0,000	0,008	0,006	0,001	0,001	0,011
variation coefficient	30,21%	18,60%	10,93%	9,68%	12,94%	11,34%	0,36%	14,06%	29,40%	52,61%	109,64%	79,38%
sum	6360,839	10476,858	13364,894	11887,760	8002,105	10269,175	18088,727	11576,275	4616,603	1269,624	519,336	2365,207

Kontinentalitāte (29)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,000	0,185	0,368	0,287	0,175	0,360	0,995	0,537	0,138	0,020	0,000	0,011
maximum	0,429	0,641	0,791	0,666	0,453	0,578	1,000	0,825	0,415	0,231	0,082	0,216
range	0,428	0,457	0,423	0,379	0,278	0,218	0,005	0,288	0,277	0,212	0,082	0,205
mean	0,257	0,449	0,600	0,519	0,355	0,444	0,999	0,695	0,303	0,104	0,024	0,098
mean of absolute values	0,257	0,449	0,600	0,519	0,355	0,444	0,999	0,695	0,303	0,104	0,024	0,098
standard deviation	0,104	0,117	0,124	0,104	0,072	0,048	0,001	0,077	0,077	0,055	0,028	0,043
variance	0,011	0,014	0,015	0,011	0,005	0,002	0,000	0,006	0,006	0,003	0,001	0,002
variation coefficient	40,33%	25,95%	20,71%	19,96%	20,44%	10,72%	0,09%	11,08%	25,57%	52,52%	114,95%	43,63%
sum	4345,386	7599,314	10148,638	8773,846	6000,431	7518,351	16902,275	11756,002	5117,983	1759,216	405,944	1658,982

Kontinentalitāte (30)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,000	0,184	0,368	0,286	0,174	0,360	0,999	0,537	0,138	0,019	0,000	0,011
maximum	0,350	0,481	0,589	0,454	0,360	0,420	1,000	0,779	0,415	0,231	0,082	0,159
range	0,350	0,297	0,221	0,168	0,185	0,060	0,001	0,243	0,277	0,212	0,082	0,148
mean	0,221	0,334	0,439	0,365	0,258	0,385	1,000	0,635	0,249	0,101	0,031	0,102
mean of absolute values	0,221	0,334	0,439	0,365	0,258	0,385	1,000	0,635	0,249	0,101	0,031	0,102
standard deviation	0,147	0,097	0,045	0,064	0,075	0,019	0,000	0,099	0,114	0,088	0,035	0,062
variance	0,022	0,009	0,002	0,004	0,006	0,000	0,000	0,010	0,013	0,008	0,001	0,004
variation coefficient	66,82%	29,12%	10,26%	17,49%	29,24%	4,95%	0,02%	15,63%	45,71%	87,66%	109,89%	60,61%

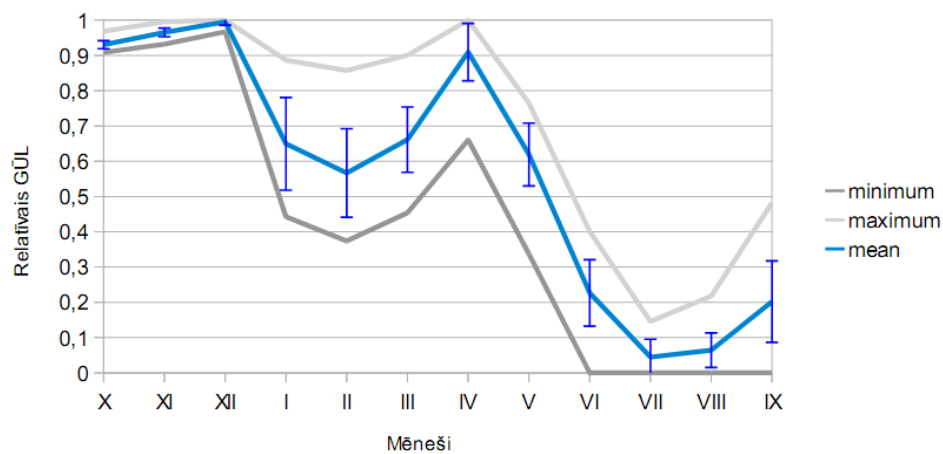
Atskaites periodā modelēto IMVN GŪL statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju. Rastra aprēķini.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
sum	4211,066	6375,397	8378,190	6972,463	4918,378	7349,132	19075,839	12122,905	4752,843	1923,502	599,734	1953,909

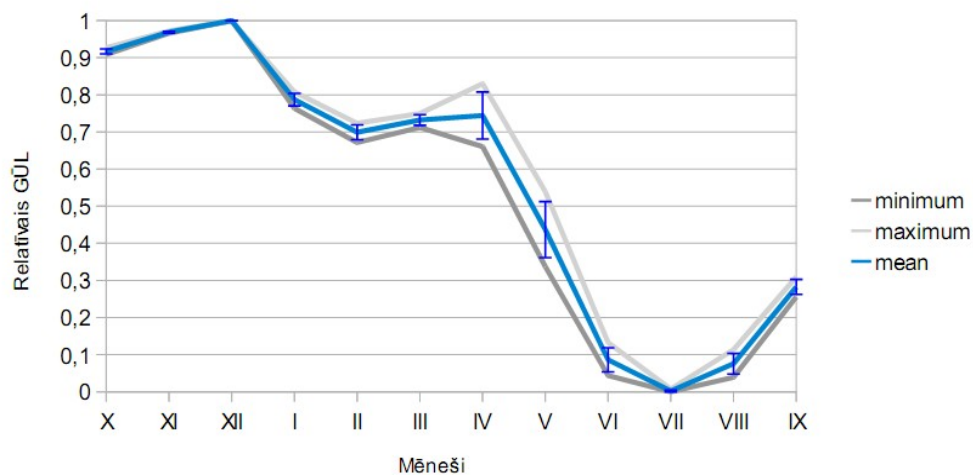
Kontinentalitāte (31)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,012	0,195	0,377	0,334	0,214	0,379	0,999	0,568	0,172	0,039	0,008	0,016
maximum	0,326	0,407	0,487	0,449	0,358	0,413	1,000	0,773	0,407	0,225	0,080	0,146
range	0,313	0,212	0,110	0,115	0,145	0,034	0,001	0,205	0,236	0,185	0,072	0,131
mean	0,164	0,306	0,443	0,413	0,304	0,403	0,999	0,680	0,300	0,138	0,047	0,078
mean of absolute values	0,164	0,306	0,443	0,413	0,304	0,403	0,999	0,680	0,300	0,138	0,047	0,078
standard deviation	0,095	0,066	0,034	0,032	0,042	0,008	0,000	0,061	0,070	0,056	0,021	0,039
variance	0,009	0,004	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,004	0,005	0,003	0,000	0,002
variation coefficient	57,57%	21,45%	7,72%	7,62%	13,73%	2,07%	0,02%	8,92%	23,31%	40,32%	45,38%	50,46%
sum	760,614	1414,654	2050,397	1912,491	1407,062	1865,961	4624,601	3145,902	1387,336	637,432	218,856	360,449

Pielikums 7.2. Atskaites periodā modelētie vidējie, minimālie un maksimālie IMVN GŪL Rastra matricā aprēķinātie statistiskie rādītāji pār izdalītajām teritorijām:

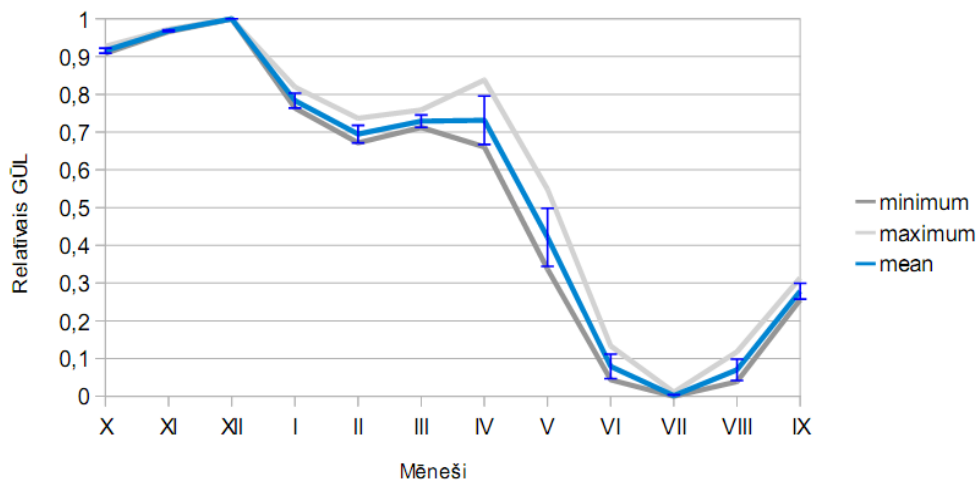
- Visā Latvijas teritorijā



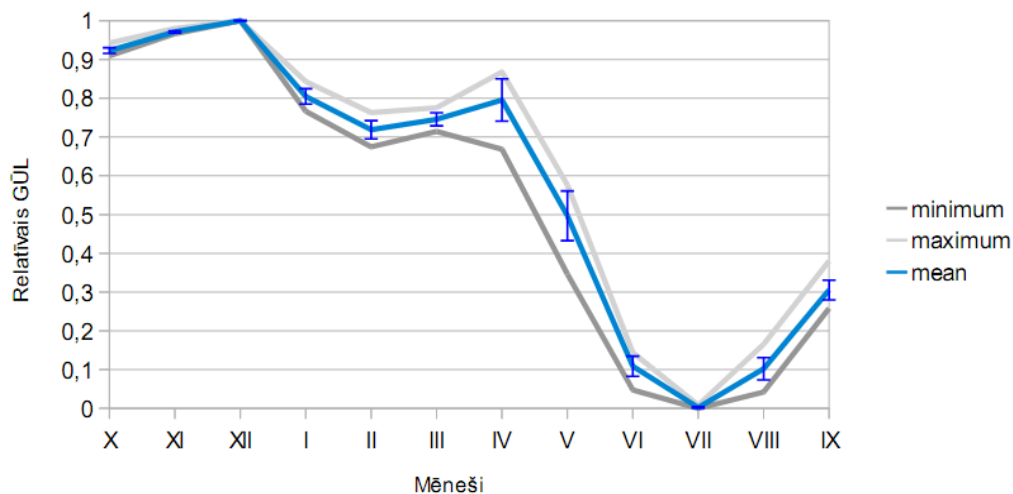
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 22



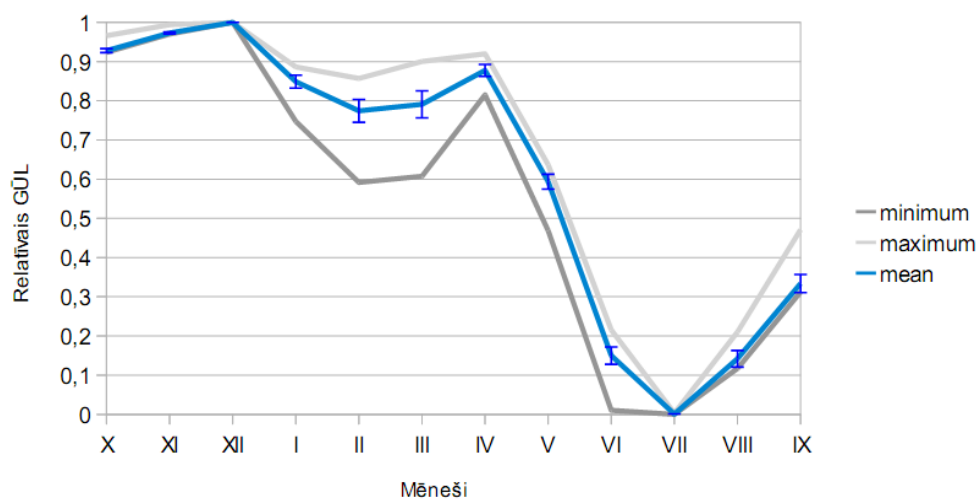
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 23



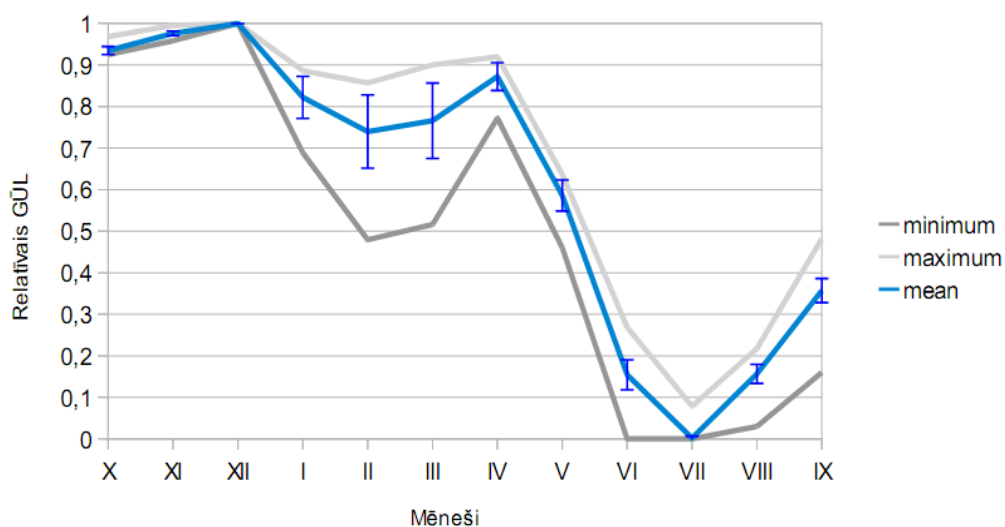
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 24



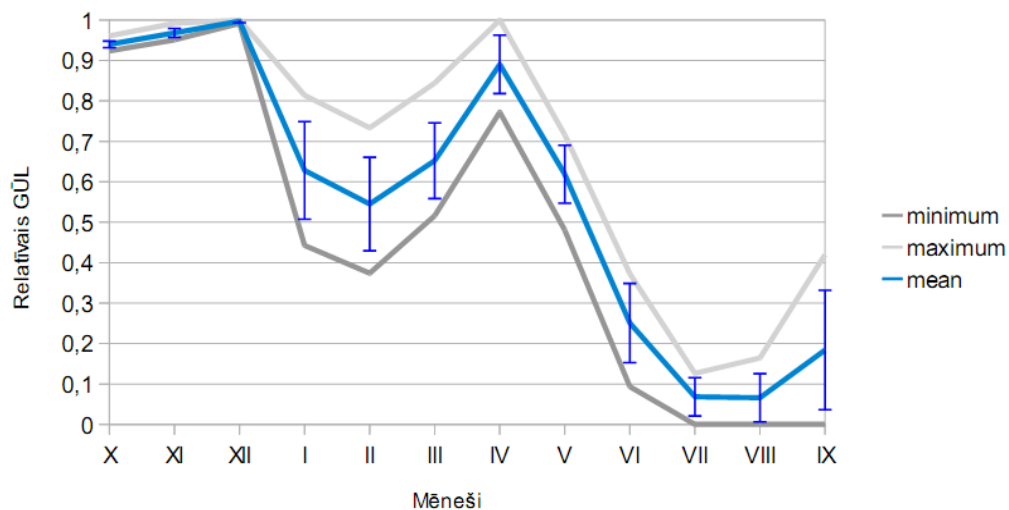
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 25



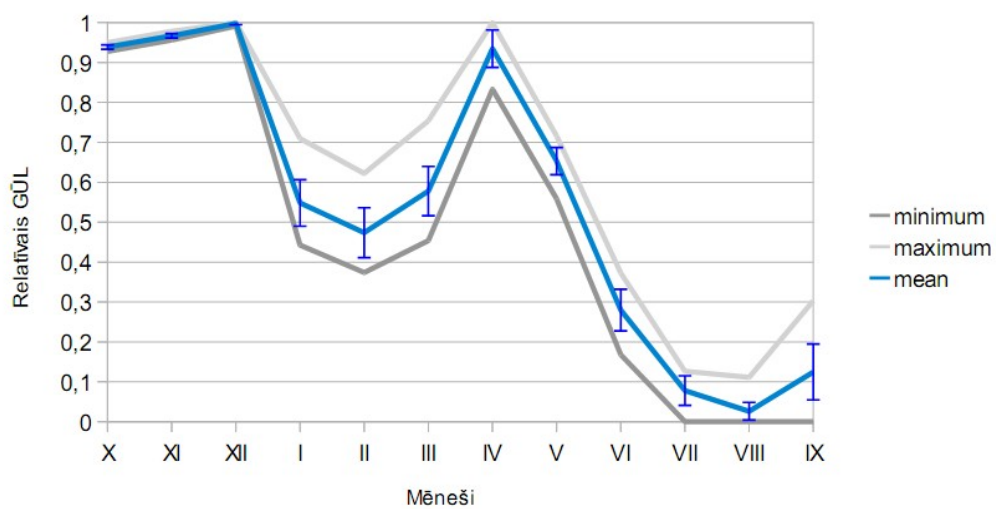
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 26



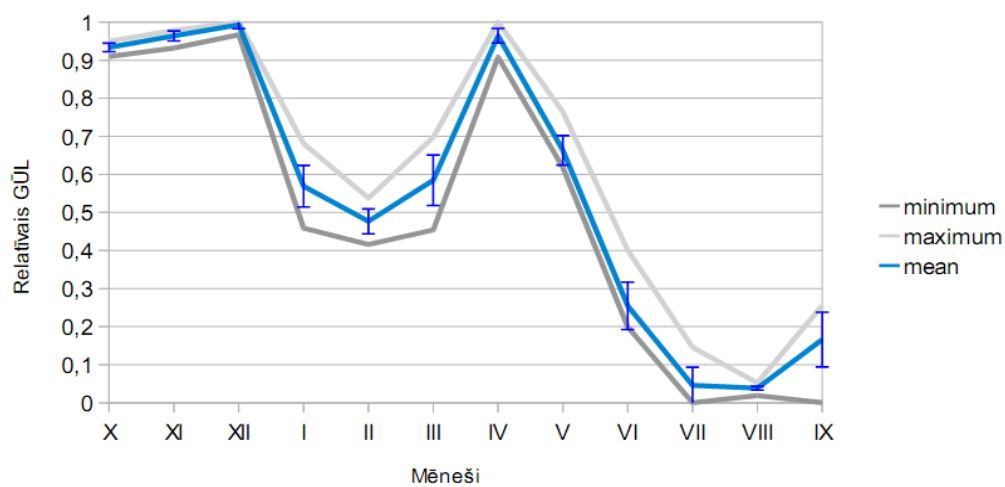
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 27



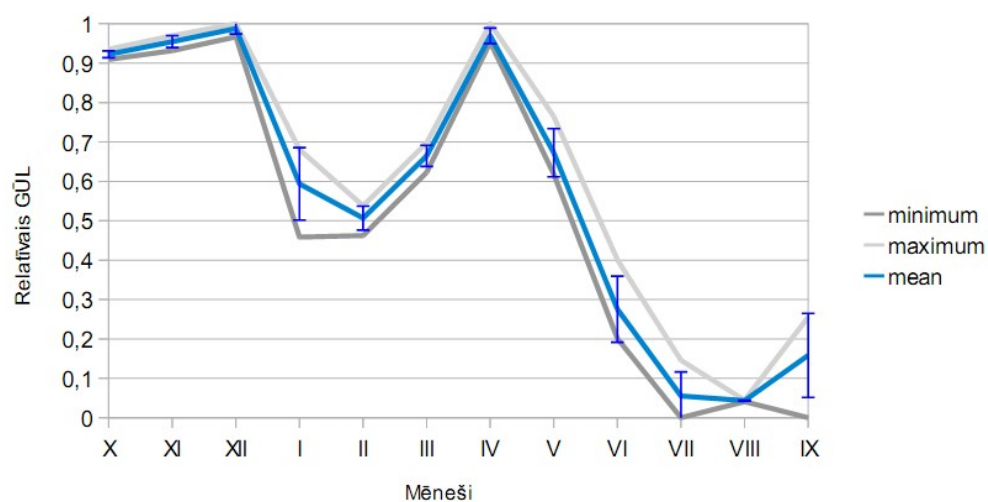
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 28



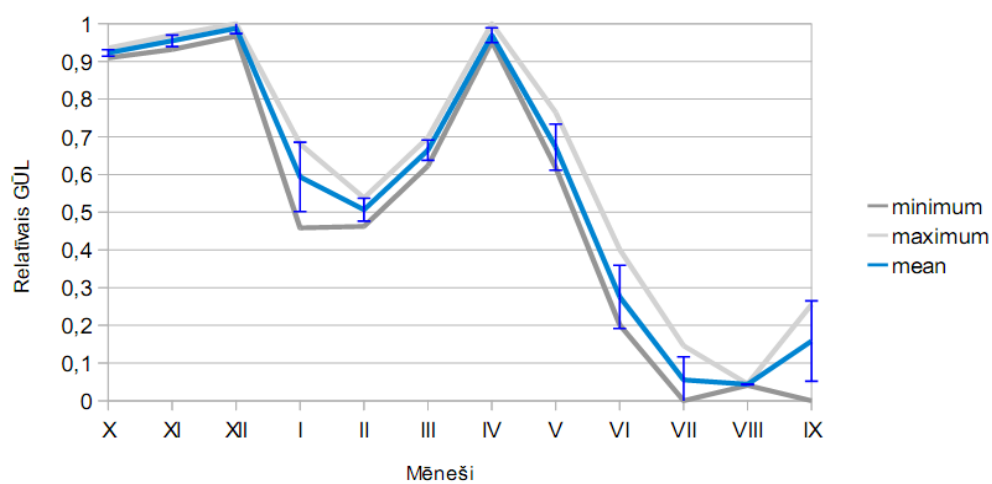
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 29



- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 30

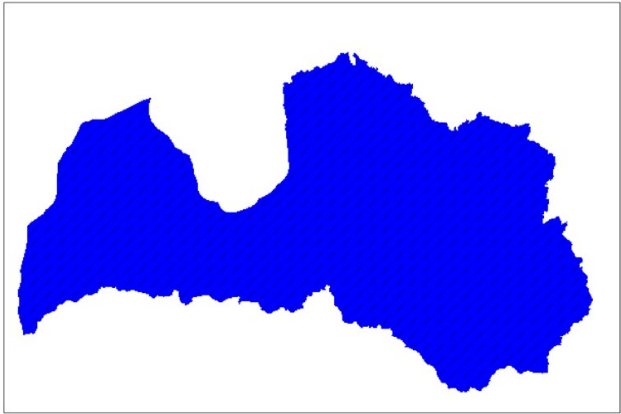


- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 31

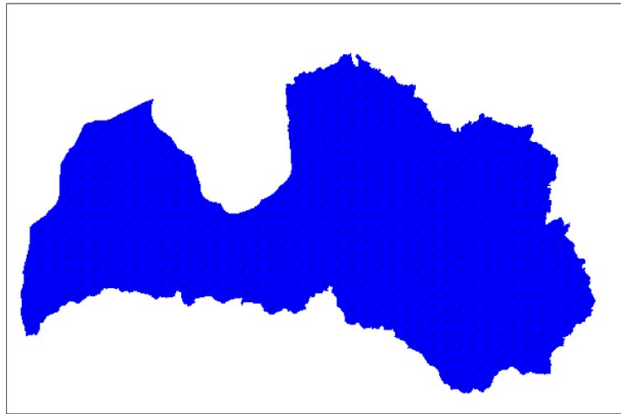


Pielikums 7.3. Atskaites perioda modelēto ilggadīgo mēnešu vidējo normalizēto gruntsūdens līmeņu attēlojums pār visas Latvijas teritoriju.

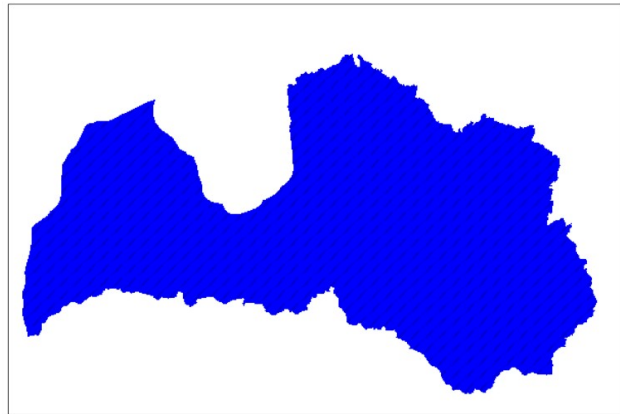
Oktobris



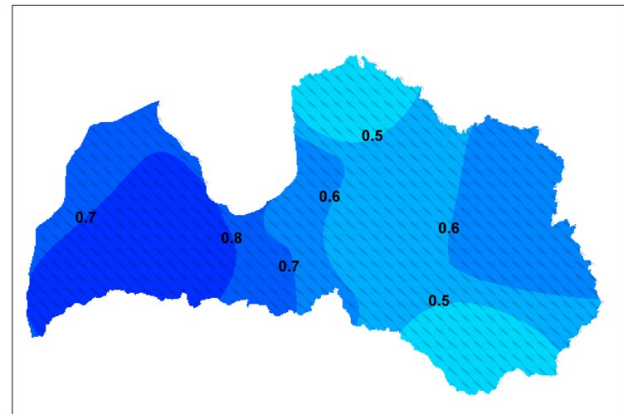
Novembris



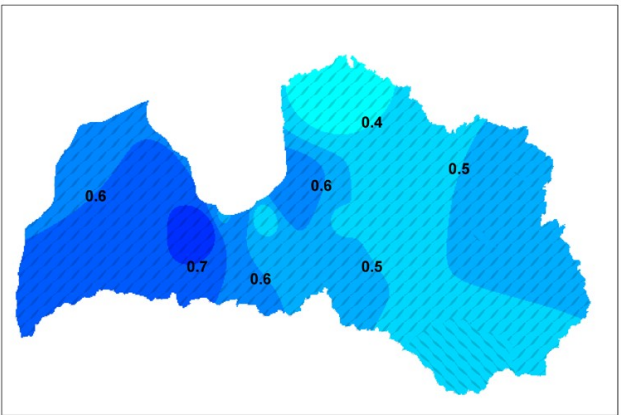
Decembris



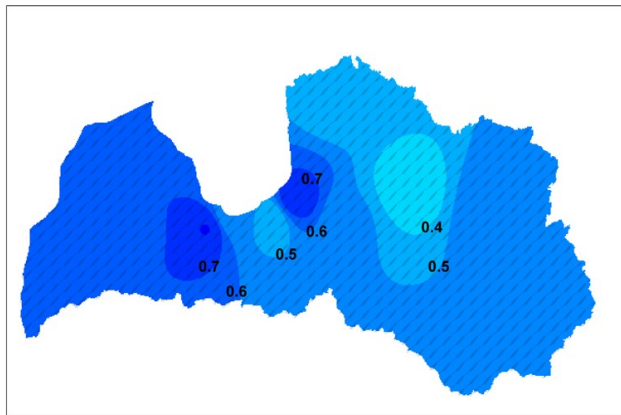
Janvāris



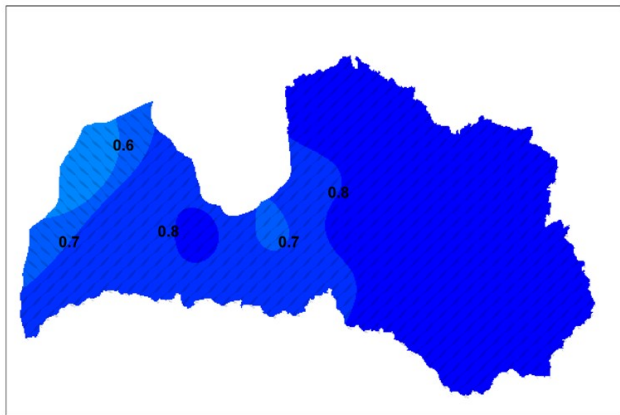
Februāris



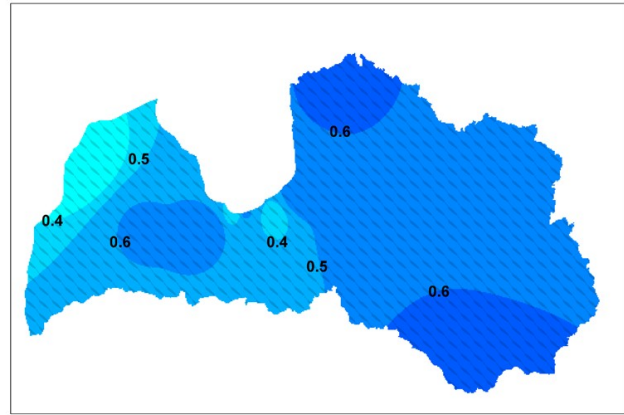
Marts



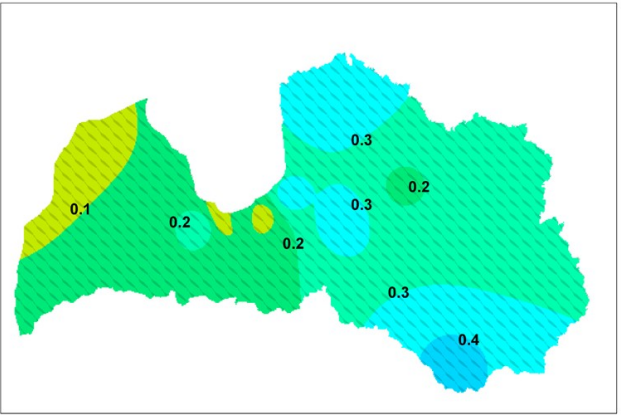
Aprīlis



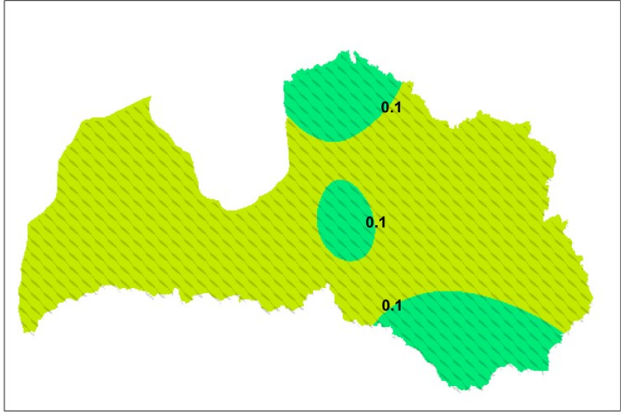
Maijs



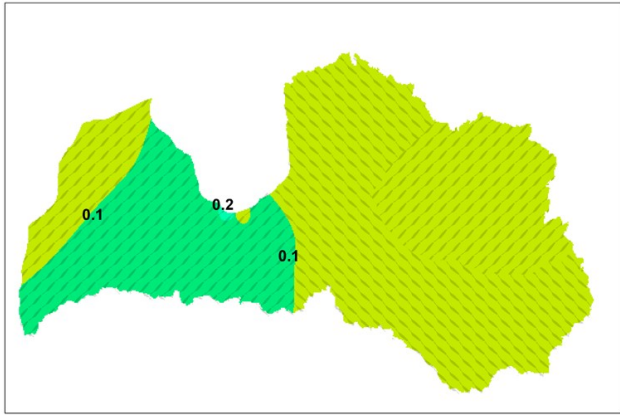
Jūnijs



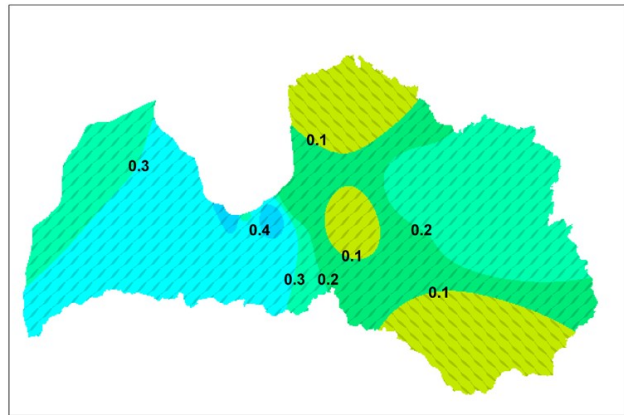
Jūlijs



Augusts

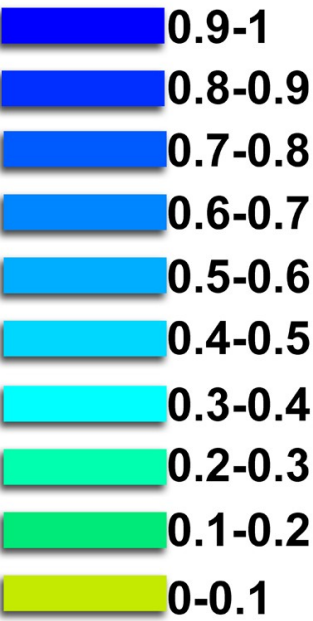


Septembris



Apzīmējumi

Relatīvais GūL



Teritorijas, kurās GUL pieaug attiecībā pret iepriekšējo mēnesi

Teritorijas, kurās GUL samazinās attiecībā pret iepriekšējo mēnesi



200 km

Pielikums 8.1. Nākotnes periodā modelēto IMVN GŪL statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju. legūtie rezultāti atspoguļo attiecīgā rastra matricas visu šūnu vērtību kopējo statistiku.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Visa LATVIJAS teritorija												
minimum	0,000	0,000	0,368	0,286	0,174	0,111	0,914	0,385	0,010	0,000	0,000	0,011
maximum	0,896	0,830	1,000	1,000	0,751	0,977	1,000	1,000	0,520	0,371	0,265	0,614
range	0,896	0,830	0,632	0,714	0,576	0,865	0,086	0,615	0,510	0,371	0,265	0,603
mean	0,364	0,515	0,698	0,610	0,449	0,538	0,991	0,623	0,233	0,081	0,063	0,192
mean of absolute values	0,364	0,515	0,698	0,610	0,449	0,538	0,991	0,623	0,233	0,081	0,063	0,192
standard deviation	0,202	0,186	0,192	0,177	0,155	0,144	0,019	0,098	0,106	0,069	0,070	0,153
variance	0,041	0,035	0,037	0,031	0,024	0,021	0,000	0,010	0,011	0,005	0,005	0,023
variation coefficient	55,62%	36,11%	27,46%	28,98%	34,50%	26,69%	1,87%	15,76%	45,49%	85,33%	111,07%	79,63%
sum	36789,029	52010,599	70555,301	61638,885	45375,489	54408,039	100159,978	62957,940	23554,581	8142,541	6414,872	19365,081

Kontinentalitāte (22)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,369	0,662	0,881	0,746	0,603	0,663	0,914	0,536	0,130	0,051	0,013	0,152
maximum	0,593	0,739	1,000	0,840	0,662	0,699	0,980	0,551	0,248	0,116	0,132	0,377
range	0,224	0,077	0,119	0,094	0,059	0,036	0,066	0,014	0,118	0,066	0,132	0,225
mean	0,490	0,719	0,952	0,798	0,644	0,689	0,946	0,540	0,184	0,081	0,072	0,274
mean of absolute values	0,490	0,719	0,952	0,798	0,644	0,689	0,946	0,540	0,184	0,081	0,072	0,274
standard deviation	0,086	0,021	0,039	0,033	0,018	0,009	0,025	0,003	0,046	0,026	0,052	0,088
variance	0,007	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,003	0,008
variation coefficient	17,54%	2,88%	4,14%	4,13%	2,78%	1,27%	2,62%	0,63%	25,08%	31,90%	72,65%	32,12%
sum	1339,127	1965,773	2603,973	2181,372	1761,638	1884,217	2587,151	1476,523	503,981	221,350	196,845	749,634

Kontinentalitāte (23)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,369	0,619	0,877	0,745	0,582	0,637	0,914	0,534	0,106	0,040	0,000	0,152
maximum	0,651	0,752	1,000	0,840	0,664	0,706	0,983	0,557	0,248	0,116	0,158	0,424
range	0,281	0,132	0,123	0,094	0,082	0,069	0,069	0,023	0,142	0,076	0,158	0,272
mean	0,471	0,721	0,960	0,805	0,647	0,690	0,941	0,539	0,194	0,086	0,061	0,256
mean of absolute values	0,471	0,721	0,960	0,805	0,647	0,690	0,941	0,539	0,194	0,086	0,061	0,256
standard deviation	0,100	0,026	0,038	0,032	0,019	0,012	0,025	0,004	0,051	0,028	0,057	0,097
variance	0,010	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,003	0,009
variation coefficient	21,21%	3,55%	4,00%	4,03%	2,97%	1,81%	2,67%	0,71%	26,21%	31,99%	93,83%	38,04%
sum	2201,096	3372,799	4487,906	3761,387	3024,668	3225,025	4400,526	2521,502	906,737	402,532	283,020	1194,476

Kontinentalitāte (24)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,328	0,504	0,759	0,650	0,459	0,578	0,917	0,520	0,046	0,017	0,008	0,166
maximum	0,810	0,806	0,997	0,836	0,687	0,735	0,998	0,551	0,241	0,113	0,224	0,542

Nākotnes periodā modelēto IMVN GŪL statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju. Rastra aprēķini.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
range	0,481	0,302	0,237	0,186	0,227	0,156	0,081	0,032	0,195	0,096	0,216	0,376
mean	0,556	0,706	0,920	0,768	0,627	0,685	0,967	0,536	0,142	0,057	0,110	0,349
mean of absolute values	0,556	0,706	0,920	0,768	0,627	0,685	0,967	0,536	0,142	0,057	0,110	0,349
standard deviation	0,121	0,073	0,058	0,041	0,053	0,035	0,022	0,005	0,048	0,024	0,055	0,094
variance	0,015	0,005	0,003	0,002	0,003	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,003	0,009
variation coefficient	21,78%	10,30%	6,27%	5,35%	8,43%	5,14%	2,26%	0,98%	33,44%	42,51%	49,94%	26,90%
sum	3931,230	4995,595	6508,570	5429,855	4435,166	4846,260	6840,135	3789,846	1007,479	402,049	780,734	2467,784

Kontinentalitāte (25)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,310	0,472	0,703	0,535	0,407	0,581	0,984	0,398	0,010	0,000	0,000	0,235
maximum	0,896	0,830	0,953	0,773	0,699	0,746	1,000	0,539	0,211	0,040	0,265	0,614
range	0,585	0,358	0,250	0,238	0,292	0,165	0,016	0,141	0,201	0,040	0,265	0,379
mean	0,717	0,726	0,890	0,720	0,620	0,713	0,997	0,525	0,067	0,014	0,184	0,495
mean of absolute values	0,717	0,726	0,890	0,720	0,620	0,713	0,997	0,525	0,067	0,014	0,184	0,495
standard deviation	0,196	0,122	0,083	0,070	0,098	0,037	0,003	0,012	0,061	0,011	0,091	0,125
variance	0,038	0,015	0,007	0,005	0,010	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,008	0,016
variation coefficient	27,31%	16,87%	9,29%	9,67%	15,86%	5,21%	0,33%	2,38%	90,52%	82,14%	49,35%	25,20%
sum	5981,306	6054,057	7416,825	5999,424	5170,875	5947,036	8315,509	4374,238	561,401	114,324	1536,224	4128,609

Kontinentalitāte (26)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,216	0,307	0,614	0,538	0,334	0,447	0,985	0,503	0,136	0,000	0,000	0,028
maximum	0,582	0,781	0,867	0,843	0,607	0,825	1,000	0,825	0,411	0,169	0,137	0,352
range	0,366	0,474	0,254	0,305	0,273	0,378	0,015	0,323	0,276	0,169	0,137	0,324
mean	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
mean of absolute values	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
standard deviation	0,106	0,107	0,081	0,063	0,057	0,064	0,004	0,090	0,075	0,037	0,031	0,104
variance	0,011	0,012	0,006	0,004	0,003	0,004	0,000	0,008	0,006	0,001	0,001	0,011
variation coefficient	30,21%	18,60%	10,93%	9,68%	12,94%	11,34%	0,36%	14,06%	29,40%	52,61%	109,64%	79,38%
sum	6360,839	10476,858	13364,894	11887,760	8002,105	10269,175	18088,727	11576,275	4616,603	1269,624	519,336	2365,207

Kontinentalitāte (27)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,049	0,000	0,739	0,639	0,453	0,111	0,974	0,551	0,190	0,000	0,014	0,046
maximum	0,582	0,781	0,877	1,000	0,751	0,977	1,000	1,000	0,520	0,371	0,239	0,352
range	0,533	0,781	0,138	0,361	0,297	0,865	0,026	0,449	0,330	0,371	0,225	0,306
mean	0,372	0,487	0,810	0,802	0,567	0,585	0,989	0,657	0,281	0,081	0,099	0,187
mean of absolute values	0,372	0,487	0,810	0,802	0,567	0,585	0,989	0,657	0,281	0,081	0,099	0,187

Nākotnes periodā modelēto IMVN GŪL statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju. Rastra aprēķini.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
standard deviation	0,156	0,211	0,053	0,111	0,087	0,193	0,008	0,093	0,064	0,092	0,068	0,110
variance	0,024	0,044	0,003	0,012	0,008	0,037	0,000	0,009	0,004	0,008	0,005	0,012
variation coefficient	42,07%	43,19%	6,50%	13,84%	15,41%	32,96%	0,85%	14,23%	22,94%	113,89%	68,72%	58,61%
sum	4681,747	6140,787	10201,300	10096,576	7137,409	7363,283	12463,375	8273,723	3535,034	1018,450	1246,130	2361,759

Kontinentalitāte (28)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,216	0,307	0,614	0,538	0,334	0,447	0,985	0,503	0,136	0,000	0,000	0,028
maximum	0,582	0,781	0,867	0,843	0,607	0,825	1,000	0,825	0,411	0,169	0,137	0,352
range	0,366	0,474	0,254	0,305	0,273	0,378	0,015	0,323	0,276	0,169	0,137	0,324
mean	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
mean of absolute values	0,351	0,578	0,737	0,655	0,441	0,566	0,997	0,638	0,254	0,070	0,029	0,130
standard deviation	0,106	0,107	0,081	0,063	0,057	0,064	0,004	0,090	0,075	0,037	0,031	0,104
variance	0,011	0,012	0,006	0,004	0,003	0,004	0,000	0,008	0,006	0,001	0,001	0,011
variation coefficient	30,21%	18,60%	10,93%	9,68%	12,94%	11,34%	0,36%	14,06%	29,40%	52,61%	109,64%	79,38%
sum	6360,839	10476,858	13364,894	11887,760	8002,105	10269,175	18088,727	11576,275	4616,603	1269,624	519,336	2365,207

Kontinentalitāte (29)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,000	0,185	0,368	0,287	0,175	0,360	0,995	0,537	0,138	0,020	0,000	0,011
maximum	0,429	0,641	0,791	0,666	0,453	0,578	1,000	0,825	0,415	0,231	0,082	0,216
range	0,428	0,457	0,423	0,379	0,278	0,218	0,005	0,288	0,277	0,212	0,082	0,205
mean	0,257	0,449	0,600	0,519	0,355	0,444	0,999	0,695	0,303	0,104	0,024	0,098
mean of absolute values	0,257	0,449	0,600	0,519	0,355	0,444	0,999	0,695	0,303	0,104	0,024	0,098
standard deviation	0,104	0,117	0,124	0,104	0,072	0,048	0,001	0,077	0,077	0,055	0,028	0,043
variance	0,011	0,014	0,015	0,011	0,005	0,002	0,000	0,006	0,006	0,003	0,001	0,002
variation coefficient	40,33%	25,95%	20,71%	19,96%	20,44%	10,72%	0,09%	11,08%	25,57%	52,52%	114,95%	43,63%
sum	4345,386	7599,314	10148,638	8773,846	6000,431	7518,351	16902,275	11756,002	5117,983	1759,216	405,944	1658,982

Kontinentalitāte (30)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,000	0,184	0,368	0,286	0,174	0,360	0,999	0,537	0,138	0,019	0,000	0,011
maximum	0,350	0,481	0,589	0,454	0,360	0,420	1,000	0,779	0,415	0,231	0,082	0,159
range	0,350	0,297	0,221	0,168	0,185	0,060	0,001	0,243	0,277	0,212	0,082	0,148
mean	0,221	0,334	0,439	0,365	0,258	0,385	1,000	0,635	0,249	0,101	0,031	0,102
mean of absolute values	0,221	0,334	0,439	0,365	0,258	0,385	1,000	0,635	0,249	0,101	0,031	0,102
standard deviation	0,147	0,097	0,045	0,064	0,075	0,019	0,000	0,099	0,114	0,088	0,035	0,062
variance	0,022	0,009	0,002	0,004	0,006	0,000	0,000	0,010	0,013	0,008	0,001	0,004
variation coefficient	66,82%	29,12%	10,26%	17,49%	29,24%	4,95%	0,02%	15,63%	45,71%	87,66%	109,89%	60,61%

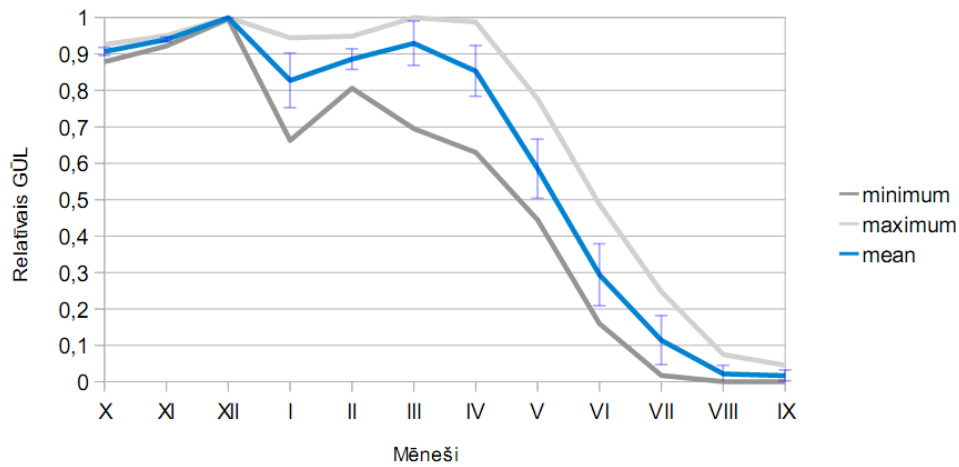
Nākotnes periodā modelēto IMVN GŪL statistiskās vērtības pār visu pēc kontinentalitātes indeksa izdalīto teritoriju. Rastra aprēķini.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
sum	4211,066	6375,397	8378,190	6972,463	4918,378	7349,132	19075,839	12122,905	4752,843	1923,502	599,734	1953,909

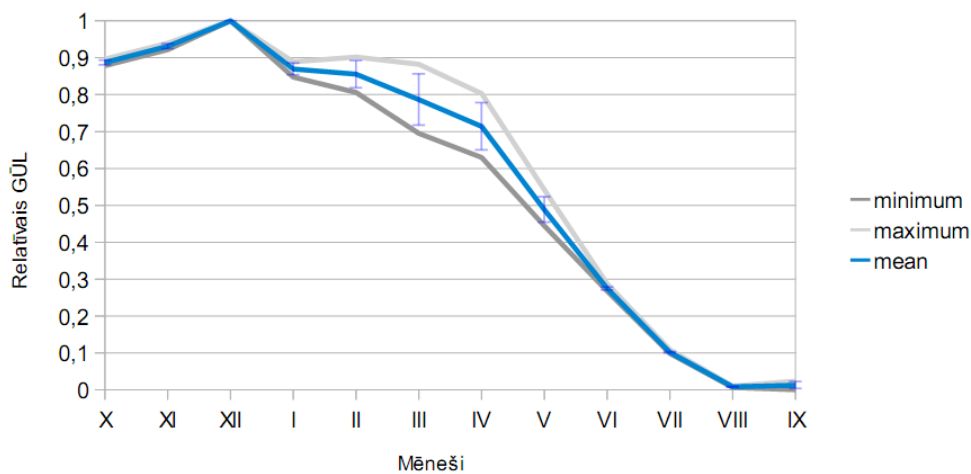
Kontinentalitāte (31)	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
minimum	0,012	0,195	0,377	0,334	0,214	0,379	0,999	0,568	0,172	0,039	0,008	0,016
maximum	0,326	0,407	0,487	0,449	0,358	0,413	1,000	0,773	0,407	0,225	0,080	0,146
range	0,313	0,212	0,110	0,115	0,145	0,034	0,001	0,205	0,236	0,185	0,072	0,131
mean	0,164	0,306	0,443	0,413	0,304	0,403	0,999	0,680	0,300	0,138	0,047	0,078
mean of absolute values	0,164	0,306	0,443	0,413	0,304	0,403	0,999	0,680	0,300	0,138	0,047	0,078
standard deviation	0,095	0,066	0,034	0,032	0,042	0,008	0,000	0,061	0,070	0,056	0,021	0,039
variance	0,009	0,004	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,004	0,005	0,003	0,000	0,002
variation coefficient	57,57%	21,45%	7,72%	7,62%	13,73%	2,07%	0,02%	8,92%	23,31%	40,32%	45,38%	50,46%
sum	760,614	1414,654	2050,397	1912,491	1407,062	1865,961	4624,601	3145,902	1387,336	637,432	218,856	360,449

Pielikums 8.2. Nākotnes periodā modelētie vidējie, minimālie un maksimālie IMVN GŪL Rastra matricā aprēķinātie statistiskie rādītāji pār izdalītajām teritorijām:

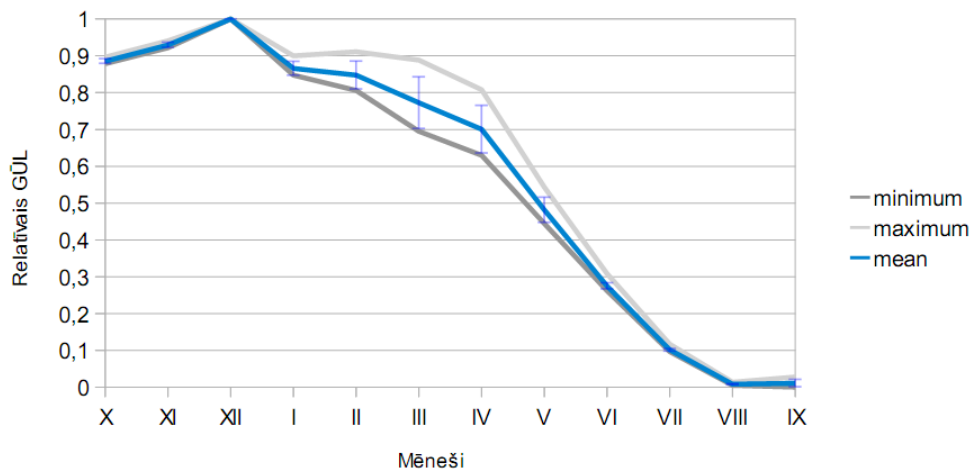
- Visā Latvijas teritorijā



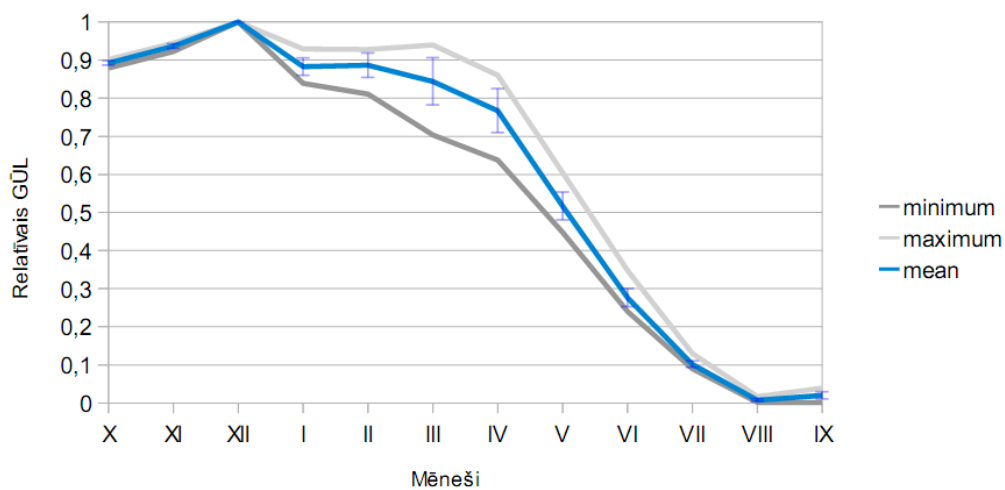
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 22



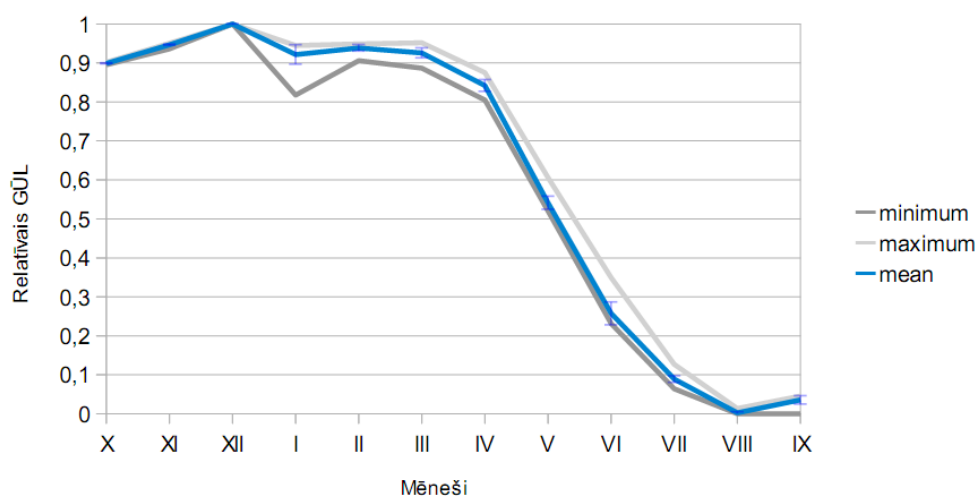
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 23



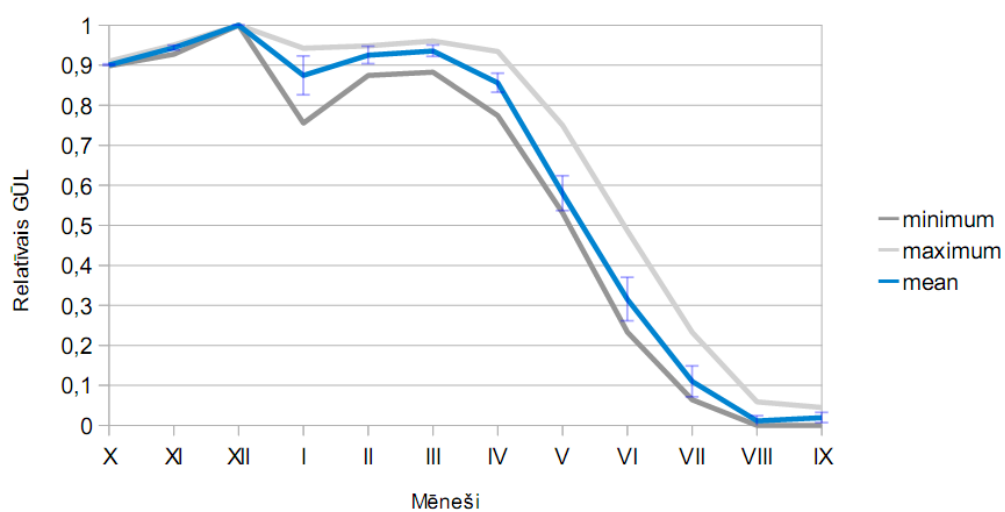
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 24



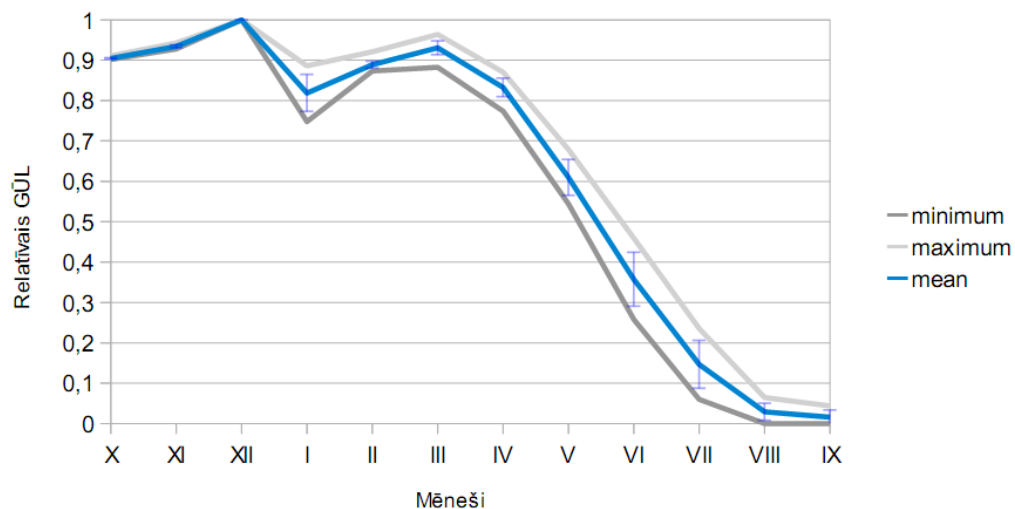
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 25



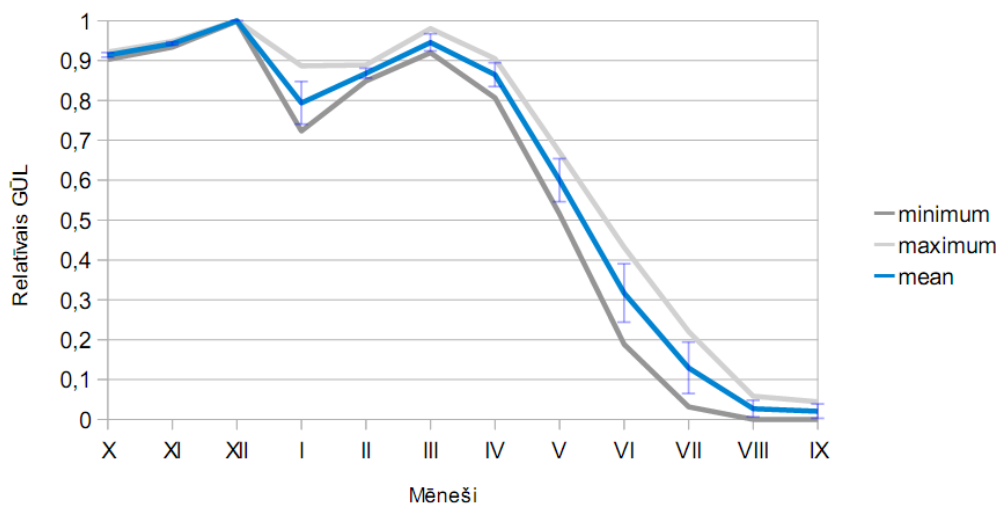
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 26



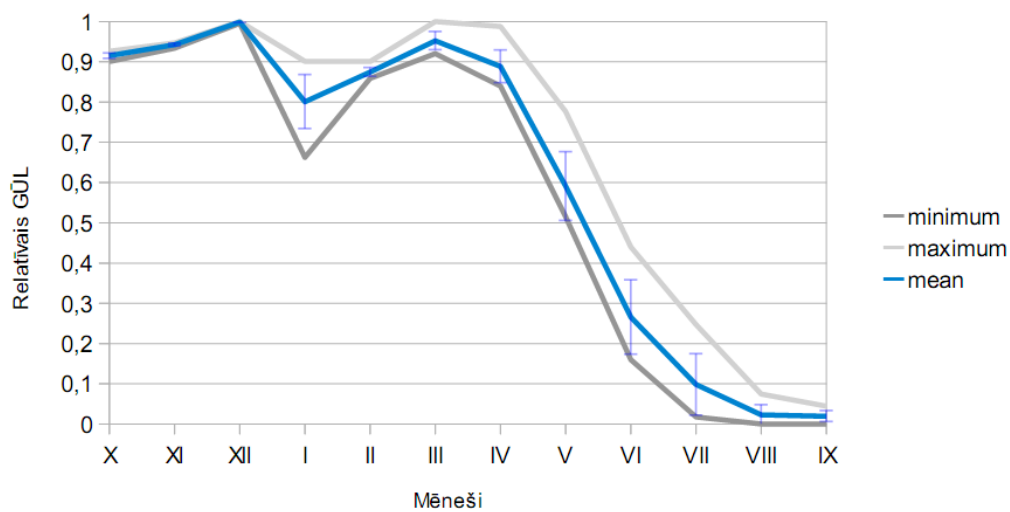
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 27



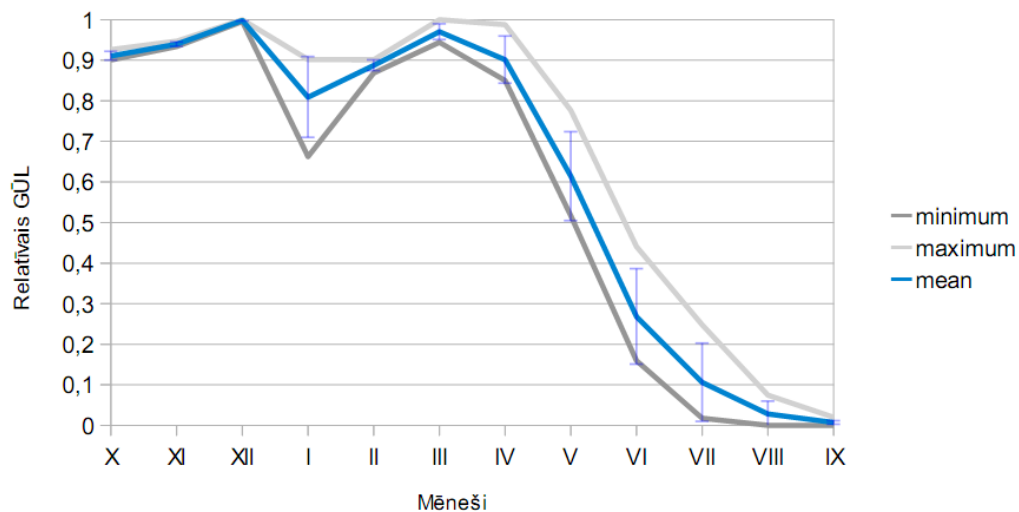
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 28



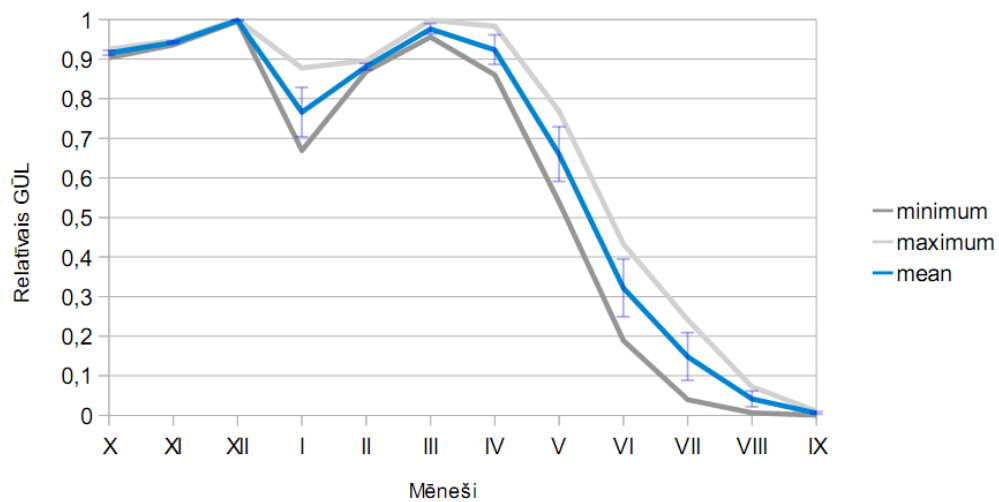
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 29



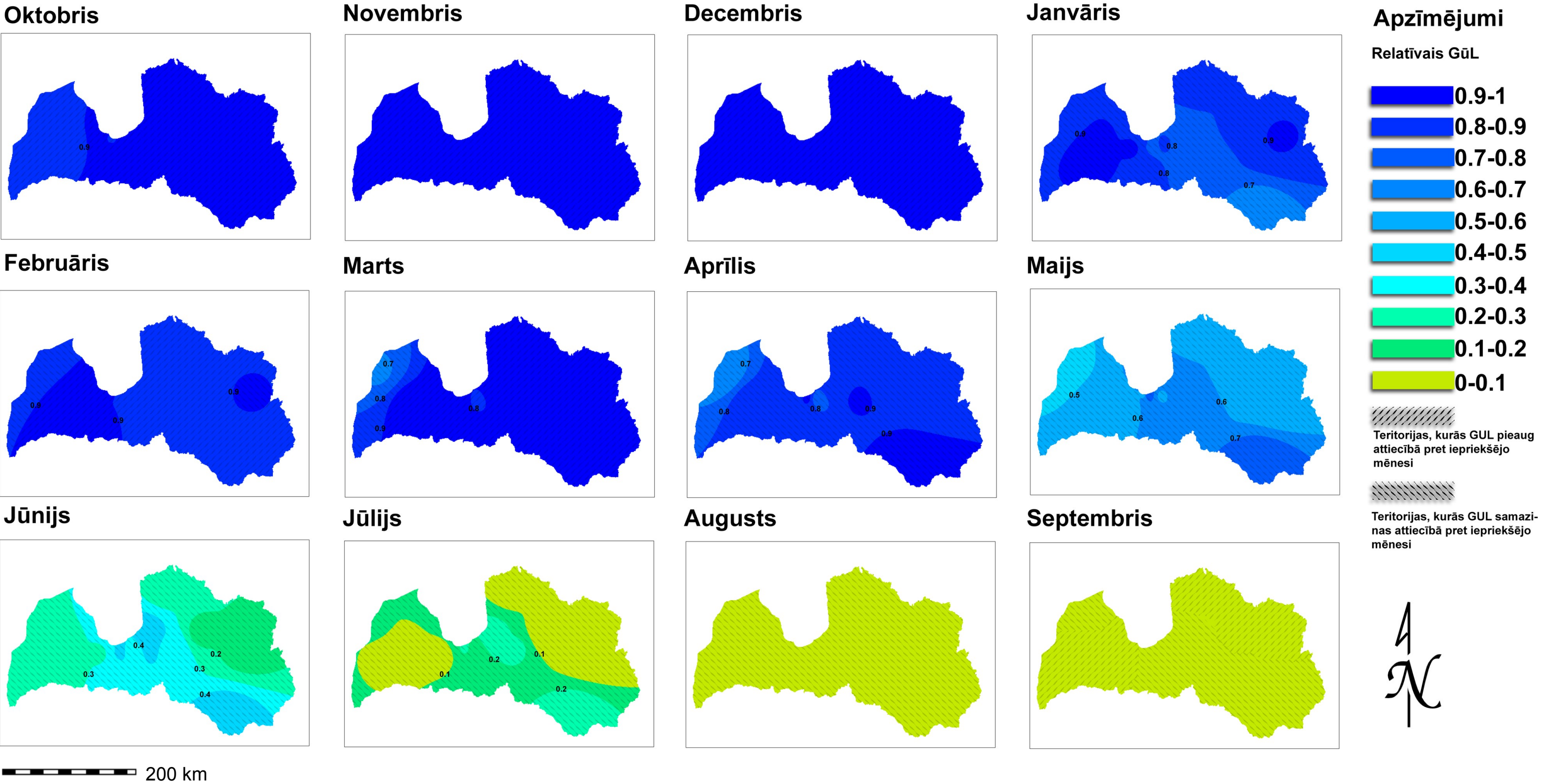
- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 30



- Teritorijā, kurā kontinentalitātes indekss ir vienāds ar 31



Pielikums 8.3. Nākotnes perioda modelēto ilggadīgo mēnešu vidējo normalizēto gruntsūdens līmeņu attēlojums pār visas Latvijas teritoriju.



Apzīmējumi

Relatīvais GūL

0.9-1

0.8-0.9

0.7-0.8

0.6-0.7

0.5-0.6

0.4-0.5

0.3-0.4

0.2-0.3

0.1-0.2

0-0.1

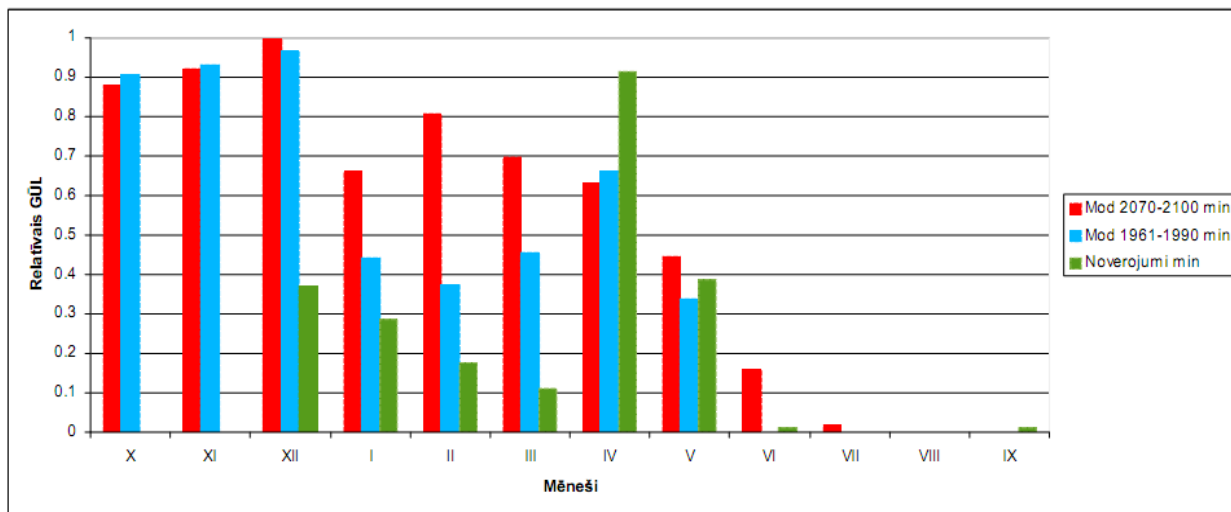
Teritorijas, kurās GUL pieaug attiecībā pret iepriekšējo mēnesi

Teritorijas, kurās GUL samazinās attiecībā pret iepriekšējo mēnesi

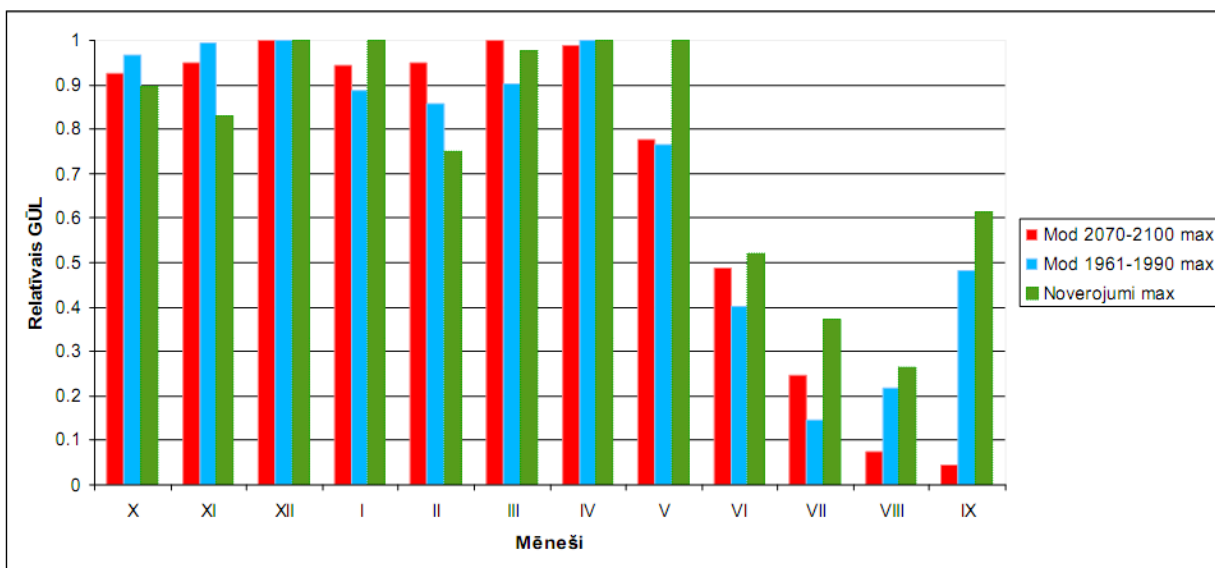
Pielikums 9.1. Ilggadīgo mēnešu vidējo normalizēto gruntsūdens līmeņu statistiskās vērtības pār visu Latvijas teritoriju pa mēnešiem trijos aprēķinu periodos.

Diagrammās attēloti rastra analīzes statistiskie rezultāti.

- Pār visu Latvijas teritoriju aprēķinātās minimālās ilggadīgās mēnešu vidējo normalizēto gruntsūdens līmeņu vērtības.

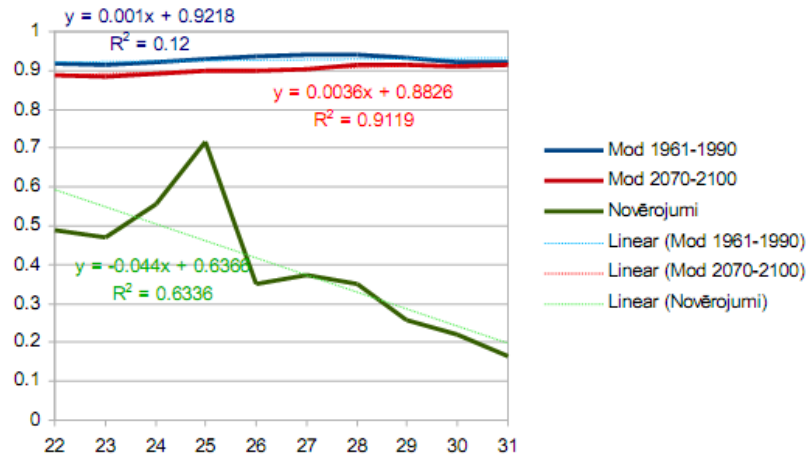


- Pār visu Latvijas teritoriju aprēķinātās maksimālās ilggadīgās mēnešu vidējo normalizēto gruntsūdens līmeņu vērtības.

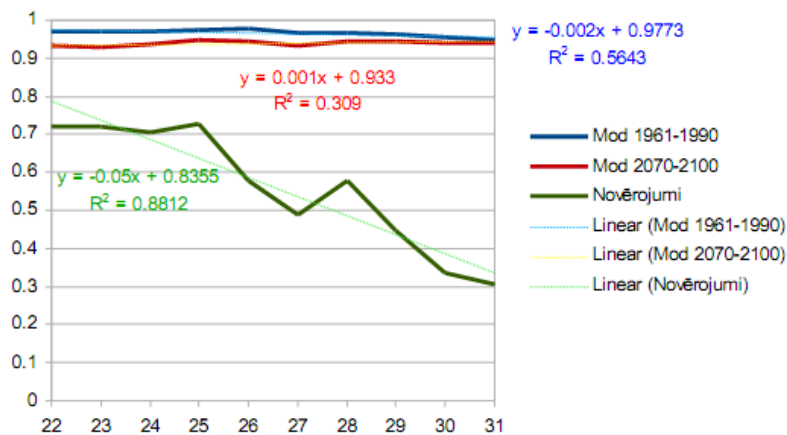


Pielikums 9.2. Pa mēnešiem veikta regresijas analīze starp kontinentalitātes indeksu un normalizētajiem gruntsūdens līmeņiem izdalītajiem trim aprēķinu periodiem.

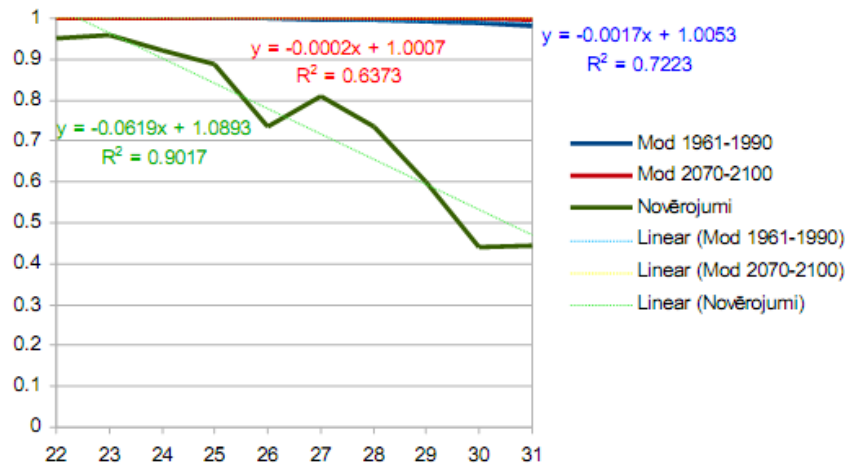
- Oktobris



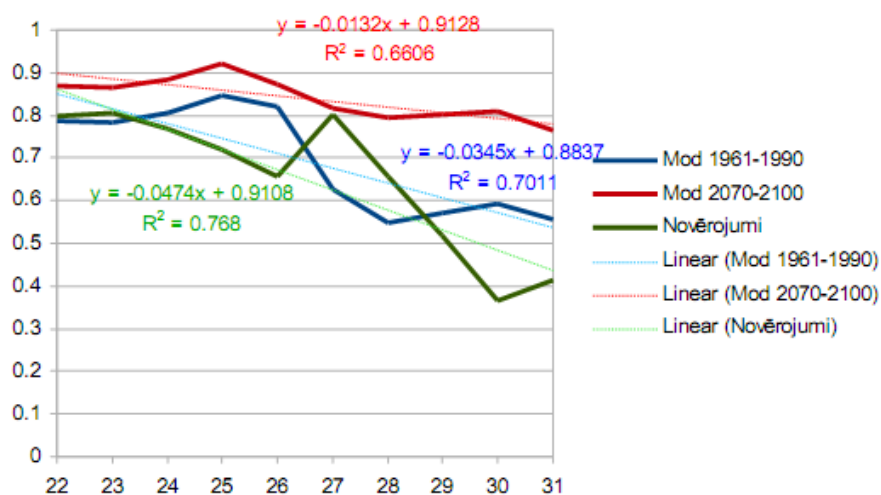
- Novembris



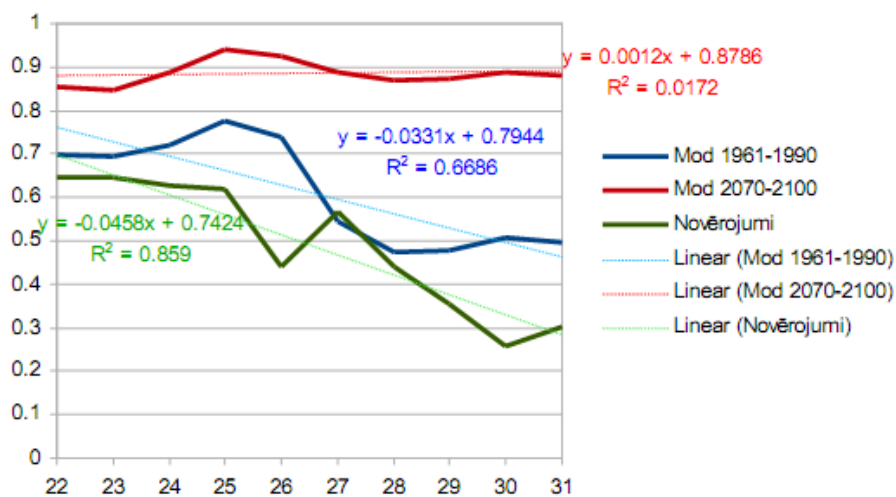
- Decembris



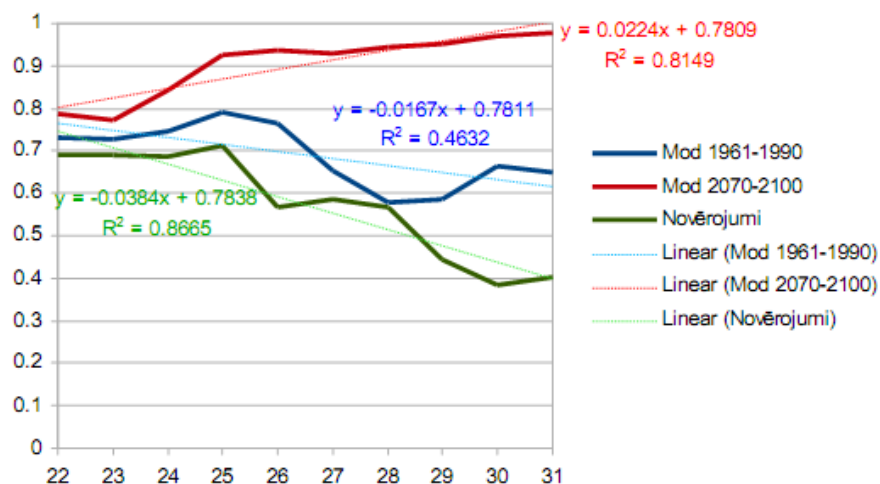
- Janvāris



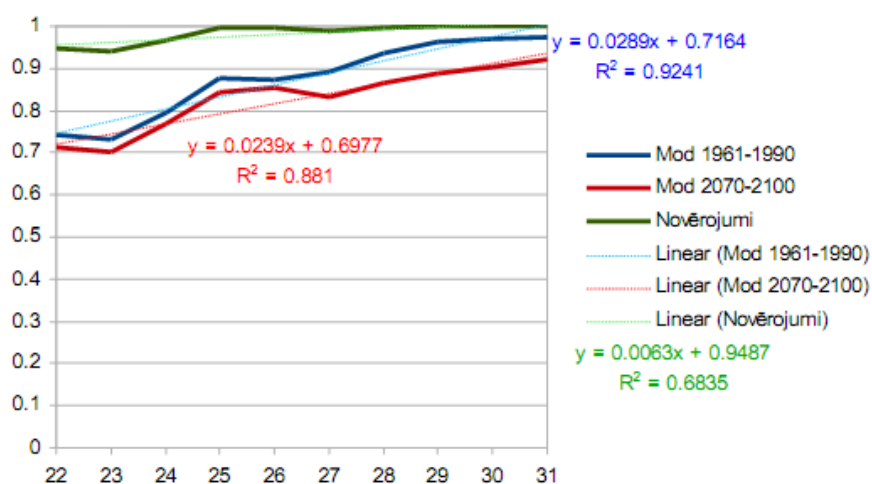
- Februāris



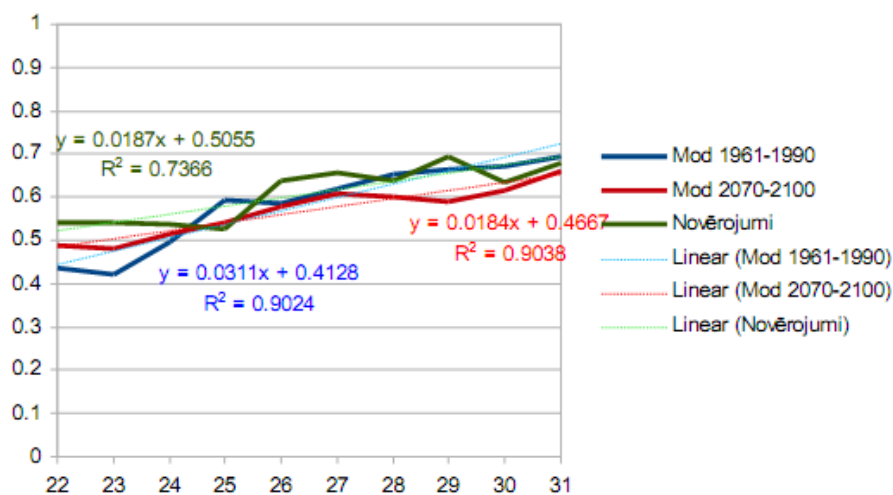
- Marts



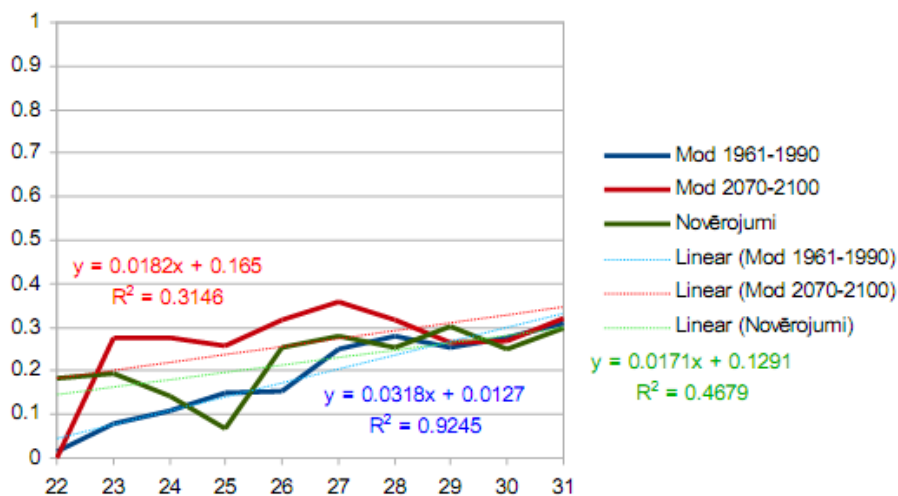
- Aprīlis



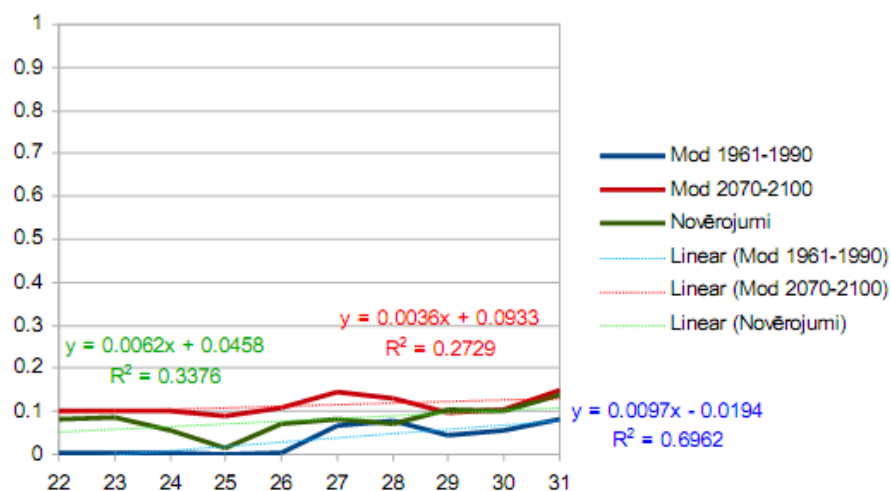
- Maijs



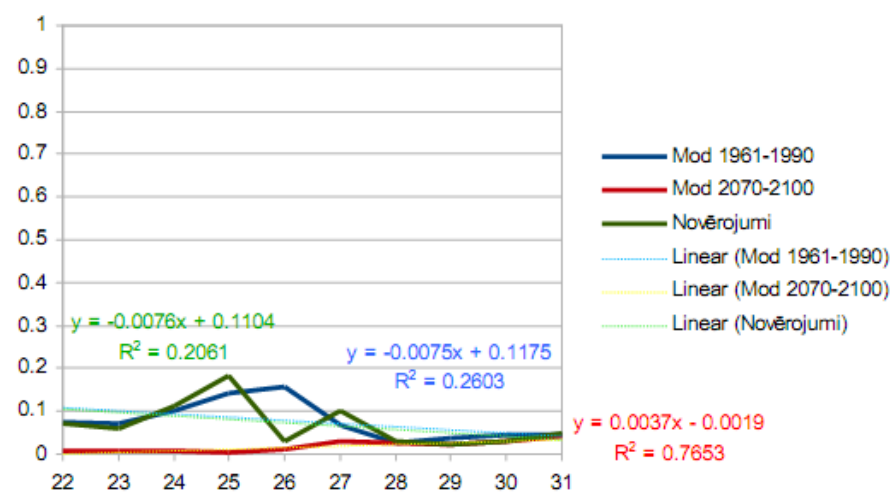
- Jūnijs



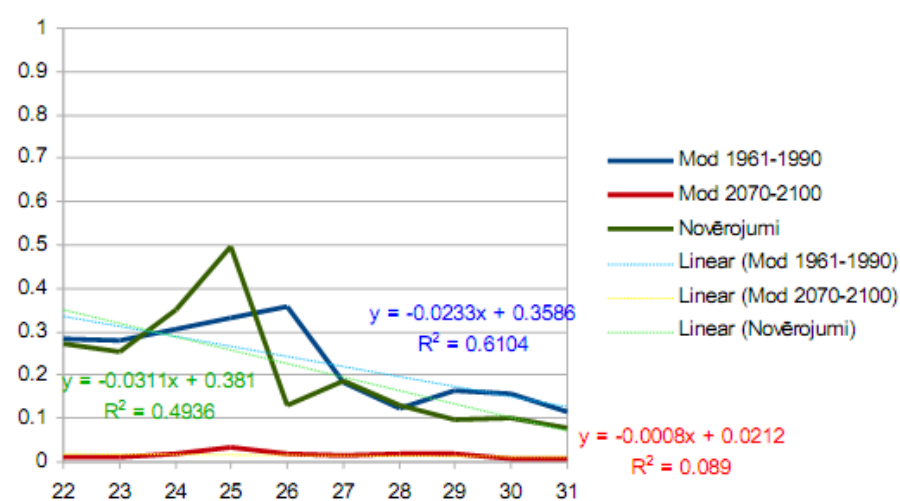
- Jūlijs



- Augusts



- Septembris



Pielikums 10.1. Metul programmā izmantotie parametri modelējot katras urbumu grupas izvēlēto urbumu.

Meteostacijas ietekme urbuma nr urbuma grupa	Liepāja	Ventspils		Saldus			Dobele	Jelgava	Rīga		
	2682	2771		2870	9560	9573	9480	19048	1592	3423	3325
	0 grupa	1 grupa	2 grupa	3 grupa	4 grupa	5 grupa	6 grupa	7 grupa	8 grupa	9 grupa	10 grupa
wmax	121.4033	130		34.2817	66.8707	71.8707	29	76	25.2536	35.2736	59.2619
alfa	0.0251	0.035		0.1092	0.0556	0.0716	0.064	0.089	0.1074	0.1644	0.1618
zcap	237.2454	180		946.6483	251.833	131.833	300	210	115.8947	265.4462	77.1021
a2	0.0641	0.065		0.0545	0.106	0.066	0.013	0.001	0.0217	0.006	0.1047
a3	0.0116	0.007		0.0117	0.0056	0.0108	0.0033	0.0043	0.0032	0.0039	0.005
ku	0.55	0.55		0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
kl	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
cmelt	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2
t1	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
t2	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
ks	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
dz	64.2283	55		67.6474	67.3884	42.3884	92	212	54.3013	48.5443	158.2044
pz	131.0033	166		137.8401	319.585	169.585	179	279	205.1134	214.8761	255.9708
rchrob	12.4648	8		8	9.9882	9.9882	6	8	8	8	8
rchrobz	1.3364	1		0.7459	0.7106	0.7106	4	1	1	1	1
rchrob2	16.2835	12		11.5233	7.2065	7.2065	7	15	15	15	15
rchrob2z	7.358	6		4.7774	12.6087	12.6087	6	6	6	6	6
robk	1.7602	1.5		1.2336	0.9	0.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
whc	0.0895	0.1		0.0822	0.0132	0.0132	0.07	0.1	0.1	0.1	0.1
cfr	1.8404	1.2		1.179	0.3687	0.3687	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
pilnas rindas R^2	0.562	0.627		0.434	0.668	0.265	0.465	0.372	0.493	0.704	0.461
svārstību rindas R^2	0.670	0.686		0.526	0.671	0.292	0.541	0.313	0.489	0.620	0.625
RMSE	21.88	23.993		28.547	48.756	32.139	32.995	13.283	14.703	17.442	96.637
mod.min	36.86	30-04-11		56.46	54.53	31.927368	65.2686	112.034813	36.833511	27.273224	149.326401
mod.max	175.56	164.85		174.98	275.8	156.782684	255.304764	221.631317	126.498894	165.958099	188.022034
mod.vid	103.59	98.62		95.43	160.43	93.059	117.472	197.063	69.192	92.446	167.489
mod.stdev	26.64	37.54		29.62	53.86	33.938	39.015	13.272	19.049	31.694	8.847
nov.min	24	37.39		7	17	22	16	143	18	24	132
nov.max	140	162		188	291	148	197	225	109	147	211
nov.vid	90.7	86.73		101.56	140.4	86.78	114.79	197.57	67.39	94.85	167.82
nov.stdev	21.3	37.39		36.29	75.88	29.58	42.98	16.2	18.76	27.69	13.81
nov.sākums	1- Jan, 1967	8- Apr, 1969		1- Jan, 1986	1- Jan, 1986	1- Jan, 1986	1- Jan, 1980	1- Jan, 1986	15- Mar, 1983	1- Jan, 1980	2- Jan, 1986
nov.beigas	31- Dec, 1974	6- Mai, 1978		31- Dec, 1990	28- Nov, 1991	31- Dec, 1990	31- Dec, 1987	30- Jan, 1989	31- Dec, 1990	31- Dec, 1990	29- Dec, 1988

Metul programmā izmantotie parametri modelējot katras urbumu grupas izvēlēto urbumu.

		Skulte	Rīga				Rūjiena		Skrīveri*		Zilāni	Zosēni	Zilāni
		4	9575	713	544		9591	9620	9585	9665	9787	9715	9749
11 grupa	12 grupa	13 grupa	14 grupa	15 grupa	16 grupa		17 grupa	18 grupa	19 grupa	20 grupa	21 grupa	22 grupa	23 grupa
		34.2619	45.3862	129	35.0108		95	77	59.7194	61.4338	88.8243	41.474	103.8543
		0.1558	0.0801	0.043	0.0724		0.055	0.079	0.1031	0.0771	0.0497	0.0552	0.0343
		437.1021	224.6811	40	114.0784		260	320	405.7759	511.535	186.2422	380.9411	1041.133
		0.1047	0.17	0.0899	0.0177		0.045	0.27	0.0517	0.0585	0.0014	0.05	0.095
		0.0049	0.0082	0.0073	0.0047		0.006	0.0084	0.0056	0.0052	0.0166	0.0055	0.004
		0.58	0.55	0.55	0.55		0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.64	0.55
		0.2	0.2	0.08	0.2		0.21	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		2.2	2	1.4	1.1		2.2	1.4	2	2	1.9	2	2
		0.5	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
		0.2	0.2	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		239.2044	80.6061	22	137.5374		42	76	57.8731	56.5604	106.2483	54.011	38
		440.9708	218.5859	69	284.1303		135	181	423.0581	272.1112	109.9093	291.463	329.9683
		4	8	5	4		1	5	9.1257	9.3197	5	4	4
		16	1	4	6		2	5	0.9189	0.9413	1	20	3
		2	15	5	1		9	1	9.7769	9.8023	2	9	5
		25	6	6	17		4	8	9.8833	8.3689	11	2	3
		1.5	1.5	2	1.5		1.9	1.3	0.0121	0.0131	0.3	1.5	1.1
		0.1	0.1	0.09	0.09		0.1	0.1	0.1298	0.1435	0.13	0.1	0.11
		1.2	1.2	0.7	1.2		1.2	1.2	1.1586	1.3789	0.7	1.7	1.2
		0.51	0.504	0.285	0.685		0.56	0.33	0.784	0.65	0.603	0.62	0.6
		0.479	0.457	0.452	0.703		0.612	0.293	0.575	0.608	0.774	0.120	0.507
		21.019	31.147	14.244	24.29		20.457	25.001	31.255	38.897	10.875	48.088	50.933
		238.999451	67.404785	8.610466	114.301666		27.742764	69.403931	120.225876	40.756298	24.639206	43.732067	33.385578
		331.979431	216.556091	59.544037	264.564026		129.945557	173.159576	387.923157	256.527649	117.589142	259.708191	291.668579
		288.917	146.668	32.157	176.028		71.303	112.86	250.932	124.379	92.846	144.076	174.162
		21.644	36.836	11.505	31.639		25.096	28.287	64.609	53.213	15.239	54.074	61.599
		136	10	9	91		-8	52	118	7	19	34	48
		345	227	69	276		129	152	345	295	123	354	406
		285.53	152.43	36.69	182.75		60.78	106.09	242.12	123.9	93.95	165.12	157.58
		29.74	42.43	15.52	41.34		24.37	22.81	57	65.72	16.82	70.34	76.1
		7- Jan, 1986	19- Jan, 1971	10- Jan, 1985	1- Jan, 1980		1- Jan, 1986	1- Jan, 1986	19- Jan, 1971	1- Jan, 1967	1- Jan, 1986	1- Jan, 1986	1- Jan, 1986
		31- Dec, 1990	30- Sep, 1978	4- Jūn, 1988	31- Dec, 1990		31- Dec, 1990	31- Dec, 1990	31- Dec, 1975	29- Jūn, 1975	31- Dec, 1990	30- Dec, 1990	31- Dec, 1990

Metul programmā izmantotie parametri modelējot katras urbumu grupas izvēlēto urbumu.

Daugavpils		Gulbene	Rēzekne	Dagda*
9695	9796	9685	9738	2689
24 grupa	25 grupa	26 grupa	27 grupa	28 grupa
53.997	41.4259	51.7852	135.7306	131.7306
0.0697	0.0774	0.0417	0.0623	0.0423
373.0035	267.5551	199.071	278.6044	278.6044
0.0521	0.143	0.0119	0.065	0.065
0.0044	0.0075	0.0046	0.0086	0.0102
0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
1.9	2	2	2	2
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
-1	-1	-1	-1	-1
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
110.4271	41.32	47.6077	57.6972	57.6972
331.3618	166.6742	164.3813	171.9673	176.9673
3	2	3	1	1
7	14	5	9	1
1	1	1	7	4
7	13	6	4	4
1.7	1.7	1	0.1	0.04
0.14	0.09	0.08	0.08	0.05
1.2	1.2	1.2	1.2	0.4
0.642	0.7	0.682	0.605	0.602
0.627	0.604	0.538	0.513	0.518
25.343	7	22.435	29.249	25.318
104.2686	30.347866	24.086702	44.168701	50.149406
273.790588	164.749023	157.783813	244.30777	170.762451
194.857	104.42	82.224	109.778	107.835
38.638	30.792	32.814	39.864	32.96
19	6	18	6	2
250	162	151	282	198
194.59	107.94	71.08	114.42	96.62
41.37	36.4	33.23	48.37	34.69
1- Jan, 1986	1- Jan, 1986	1- Jan, 1986	11- Feb, 1972	1- Jan, 1986
31- Aug, 1990	31- Aug, 1990	30- Dec, 1987	31- Dec, 1990	31- Okt, 1991

Maģistra darbs "Gruntsūdens līmeņu svārstības klimata mainības ietekmē" izstrādāts LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Didzis Lauva _____ 2011. gada _____

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Zinātniskā vadītāja: Docente Dr.geol. Aija Dēliņa _____ 2011. gada _____

Recenzente: Docente Dr.geogr. Elga Apsīte _____ 2011. gada _____

Darbs iesniegts Ģeogrāfijas nodaļas lietvedībā 2011. gada _____

Nodaļas lietvede: Gunta Vigule _____ 2011. gada _____

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Maģistra darbs aizstāvēts Ģeogrāfijas Maģistra akadēmisko studiju gala pārbaudījumu komisijas sēdē.

2011.gada _____ protokola nr. _____ vērtējums _____

Sekretārs _____ 2011. gada _____