

# Starpziņojums



Par līgumdarba

**“Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām”**

izpildes gaitu

Projekta vadītājs:

/Ā. Jansons/

2010. gada augusts

Saskaņā ar darbu kalendāro plānu līdz starpziņojumam paredzēts uzsākt darbu pie literatūras analīzes, apzinot iespējamo klimata izmaiņu attīstības scenārijus turpmākajiem 100 gadiem, kas pamatoti ar zinātniski pamatotiem argumentiem, pieņēmumiem. Aprakstīt tos, iekļaujot veikto pieņēmumu uzskaitījumu. Apraksta detalizācijas pakāpe - Eiropa→ Baltija→ Latvija.

Darba izpildes gaitā, ņemot vērā individuālu tajā iesaistīto pētnieku noslodzi, veiktas izmaiņas laika plānojumā un līdz starpziņojuma sastādīšanai izpildīti 2 darba uzdevumi:

- 1) sagatavots literatūras apskats par klimata pārmaiņu tendencēm pasaulē, Eiropā un Latvijā;
- 2) izmantojot Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra novērojumu datu rindas un Reģionālo klimata modeļu informāciju, sagatavota kvantitatīvas klimata parametru (temperatūra – minimālā, maksimālā, vidējā, nokrišņi, gaisa mitrums, vēja ātrums) un no tiem atvasinātu lielumu (potenciālā evapotranspirācija) izmaiņu prognozes Latvijas teritorijai.

Pētījuma izpildē pārskata periodā iesaistīti LVMI „Silava”, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes (literatūras apskats) un SIA Procesu analīzes un izpētes centrs (klimata izmaiņu scenāriji) speciālisti.

Literatūras apskatā konstatēts, ka par klimata izmaiņām globālā mērogā liecina novērojumu datu rindas, piemēram, gaisa temperatūras pieaugums laika periodā no 1906. līdz 2005. gadam par 0.74°C turklāt pēdējo 50 gadu (1956.-2005.g.) lineārais gaisa temperatūras pieaugums ir gandrīz divas reizes straujāks kā 100 gadu periodā kopumā. Arvien vairāk tiek konstatētas klimata pārmaiņu ietekmes iezīmes un dažādām cilvēka darbības sfērām (lauksaimniecību, zvejniecību, mežsaimniecību) reģionālā mērogā. Līdz ar vidējo gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu pārmaiņu iezīmēm, notikušas arī izmaiņas ekstremālajos laika apstākļos: vērojams silto temperatūru ekstremālo rādītāju pieaugums un auksto ekstremālo rādītāju samazināšanās.

Ilgtermiņa novērojumu dati liecina par nozīmīgām augiem būtisku klimatisko rādītāju izmaiņām arī Latvijas teritorijā, piemēram, augšanas sezonas garums 20.gs. laikā ir palielinājies par 25.9 dienām, aukstajā sezonā laika periodā no 1851. līdz 2006. gadam sala dienu (kad minimālā diennakts gaisa temperatūra ir zemāka par 0°C) skaits ir samazinājies vidēji no 140-150 dienām uz 110-120 dienām. Nokrišņiem raksturīga ievērojama starpgadu mainība un cikliskums, tomēr dati liecina, ka laika periodam no 1925. līdz 2006. gadam Latvijā būtiski pieauguši atmosfēras nokrišņi aukstajā sezonā, taču siltajā sezonā novērojams to neliels pieaugums vai pat samazināšanās.

Latvijas apstākļiem kalibrēto reģionālo klimata izmaiņu modeļu dati liecina: gadsimta beigās (2071.-2100. gads) gan vidējo, gan nozīmīgo izmaiņu scenārijs paredz vidējās mēneša temperatūras paaugstināšanos visās sezonās. Lielāks pieaugums gaidāms janvāra mēnesī, mazākais – jūlija mēnesī – vidējo izmaiņu scenārijam, attiecīgi, par 4.6-5.8 un 2.2-4.0 °C. Aprīļa un oktobra mēnešos sagaidāmais temperatūras pieaugums vidējo izmaiņu scenārija gadījumā ir, attiecīgi, 2.5-4.3 un 3.6-4.3 °C. Visās sezonās saskaņā ar vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenāriju paredzams nokrišņu intensitātes pieaugums, vidēju izmaiņu scenārija gadījumā tas ir 0.3-0.65 mm/dienn. janvārī, 0.3-0.55 mm/dienn. – aprīlī, 0.0-0.55 mm/dienn. – jūlijā un 0.1-0.55 mm/dienn. – oktobrī. Neviena no scenārijiem neparedz nedz vidējā vēja ātruma pieaugumu lielāku par 0.5 m/s, nedz būtisku vēja brāzmu ātruma pieaugumu. Tomēr atšķirības starp atsevišķiem modeļiem šajā aspektā ir ievērojamas. Potenciālās evapotranspirācijas vērtība visās apskatītajās stacijās un visiem klimata mainības scenārijiem laika gaitā pieaug, turklāt nozīmīgākās sagaidāmās izmaiņas ir tieši vasaras mēnešos (jūnijs-augusts).

Visi pārskata periodā plānotie darba uzdevumi izpildīti, kā arī papildus veikts nākamajā pārskata periodā paredzētais klimata prognožu Latvijas teritorijai sagatavošanas darbs.

## SATURS

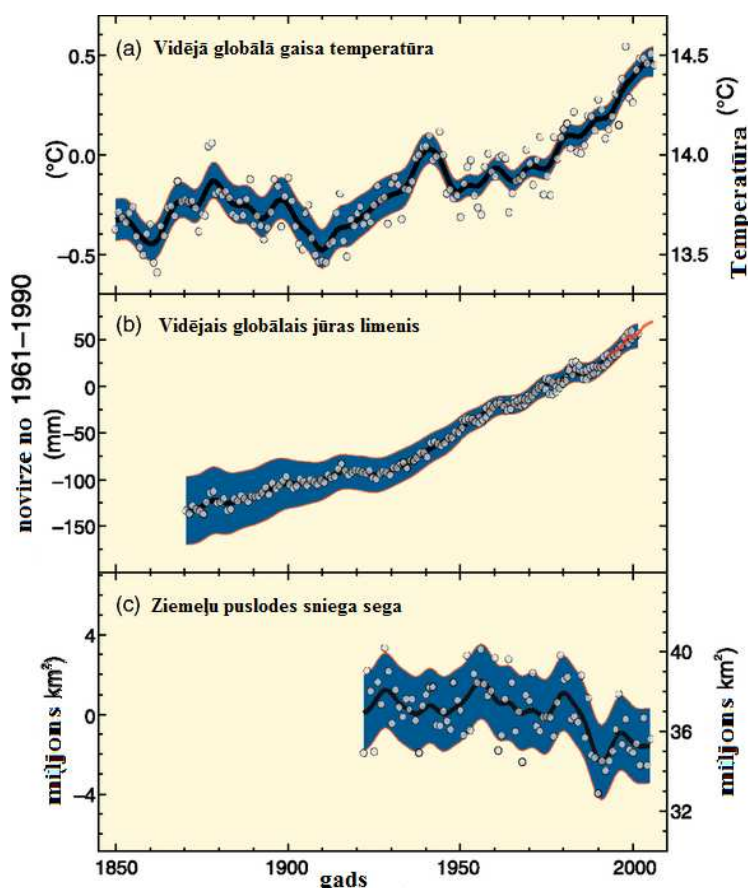
1.	KLIMATA PĀRMAIŅU TENDENCES PASAULĒ, EIROPĀ UN LATVIJĀ .....	4
1.1	Klimata pārmaiņu tendences pasaulē .....	4
1.2	Klimata pārmaiņas Eiropā.....	7
1.3	Klimata pārmaiņu raksturs Baltijas valstīs un Latvijā .....	9
2.	KLIMATA PĀRMAIŅU SCENĀRIJI UN TO IZVĒLES PAMATOJUMS LATVIJAI.....	15
3.	FENOLOĢISKĀS AUGŠANAS SEZONAS IZMAIŅAS.....	19
4.	KALME METODIKA UN GALVENIE REZULTĀTI.....	29
5.	KLIMATA ANALĪZĒ IZMANTOTIE DATI UN METODIKA .....	31
6.	VIDĒJĀ TEMPERATŪRA .....	36
6.1	Vidējā temperatūras un tās izmaiņu sezonālitate .....	36
6.2	Klimatiskās gada vidējās temperatūras attīstība laikā .....	47
7.	DIENNAKTS EKSTRĒMĀS TEMPERATŪRAS VĒRTĪBAS .....	50
7.1	Maksimālā diennakts temperatūra .....	50
7.2	Minimālā diennakts temperatūra .....	61
7.3	Klimatisko ekstremālo diennakts temperatūru attīstība laikā.....	72
7.4	Starpība starp diennakts maksimālo un minimālo temperatūru.....	76
8.	DIENNAKTS VIDĒJAIS NOKRIŠŅU DAUDZUMS.....	85
8.1	Nokrišņu intensitāte un tās pieauguma sezonālitate .....	85
8.2	Mēneša vidējās temperatūras un nokrišņu intensitātes savstarpējā saistība.....	96
8.3	Gada vidējās nokrišņu intensitātes attīstība laikā.....	98
9.	DIENNAKTS VIDĒJAIS RELATĪVAIS MITRUMS .....	101
10.	VĒJA ĀTRUMS.....	113
10.1	Vēja ātruma sezonālitate .....	113
10.2	Vidējā vēja ātruma attīstība laikā .....	123
11.	VĒJA BRĀZMAS.....	125
12.	POTENCIĀLĀ EVAPOTRANSPIRĀCIJA .....	137
13.	IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	141

# 1. KLIMATA PĀRMAIŅU TENDENCES PASAULĒ, EIROPĀ UN LATVIJĀ

## 1.1 Klimata pārmaiņu tendences pasaulē

Klimata pārmaiņas ir klimata stāvokļa izmaiņas, kas tiek identificētas kā izmaiņas klimatu raksturojošo pazīmju vidējās vērtībās un/vai svārstību īpašībās ilgākā laika periodā, parasti gadu desmitiem vai ilgāk. Klimata pārmaiņas ir jebkuras izmaiņas klimata īpašībās laika gaitā, vai tās ir saistītas ar dabas procesiem, vai cilvēka darbību (IPCC, 2007).

Klimata pārmaiņas un ar tām saistītie procesi šodien tiek uzskatīti par vienu no galvenajiem dabas riskiem, kas būtiski ietekmē un arī nākotnē varētu ietekmēt cilvēku dzīvi un dažādas darbības jomas. Lai negatīvo klimata pārmaiņu ietekmi pēc iespējas mazinātu un izmantotu pozitīvās iespējas, ko varētu sniegt klimata pārmaiņas, pasaulē tiek veikti daudzi pētījumi. Šo pētījumu galvenie atzinumi regulāri tiek atkopoti un publicēti Starpvaldību Klimata pārmaiņu darba grupu (IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change) ziņojumos, kas ir starptautiskas zinātnieku grupas, klimata ekspertu kopējs vienots redzējums par klimata pārmaiņu tendencēm pagātnē un nākotnē, kā arī par to iespējamo ietekmi. Pēdējā, 4. ziņojumā, tiek uzsvērts, ka globālās klimata sistēmas pasiltināšanās ir nepārprotama, jo to skaidri parāda novērotās atmosfēras temperatūras un pasaules okeāna temperatūras pieaugums, plaša ledāju un sniega segas samazināšanās un globālā jūras līmeņa celšanās (1.1.attēls) (IPCC, 2007).



Attēlā parādītas visu elementu novirzes no klimatiskās normas perioda 1961.-1990.g. vidējā rādītāja. Ar punktiem atliktas ikgadējās vērtības, melnā līnija parāda 10 gadu vidējo slidošo rādītāju. Zilā krāsā iekrāsotais laukums parāda novērtētās iespējamās novirzes.

**1.1.attēls. Novērotās klimata pārmaiņas: a) Vidējā globālā gaisa temperatūra; b) vidējais globālais jūras līmenis; c) Ziemeļu puslodes sniega sega periodā marts-aprīlis.**



Tiek vērtēts, ka globālās gaisa temperatūras trends ir pozitīvs, t.i., gaisa temperatūrai ir konstatēts 0.74 (0.56-0.92)<sup>o</sup>C pieaugums (šeit un turpmāk pie novērtēto trendu jeb izmaiņu vidējiem lielumiem iekavās tiek dota izmaiņu amplitūda, kāda tiek vērtēta iespējamo neskaidrību vai neprecizitāšu dēļ datu analizē) laika periodā no 1906.-2005.g. Bez tam pēdējo 50 gadu (1956.-2005.g.) lineārais gaisa temperatūras pieaugums ir gandrīz divas reizes straujāks kā 100 gadu periodā kopumā. Gaisa temperatūras pieaugums tiek novērots visās zemeslodes vietās, tomēr visstraujākais tas ir ziemeļu puslodes lielajos platuma grādos. Arktikā gaisa temperatūras pieaugums tiek vērtēts gandrīz divas reizes straujāks kā globālā mērogā kopumā, un ledāju kušana, kas ir saistīta ar šo straujo pasiltināšanos vēl vairāk ietekmē gaisa temperatūras pieaugumu. Gaisa temperatūras pieaugums ir straujāks cietzemes teritorijās kā pasaules okeānā.

Pētījumi kopš 1961.g. parāda, ka pasaules okeānā temperatūra ir pieaugusi līdz pat 3000 m dziļumam, kas līdzīgi kā ledāju kušana, rada atgriezenisku efektu visai klimata sistēmai kopumā un ietekmē ap 80% kopējās globālās gaisa temperatūras pieaugumu.

Arī jūras līmeņa celšanās pēdējos gados ir ievērojami straujāka. Tiek vērtēts, ka globālā jūras līmeņa celšanās periodā 1961.-2003.g. ir 1.8 (1.3-1.2)mm gadā, savukārt periodā 1993.-2003.g. jūras līmenis ir cēlies ievērojami straujāk- vidēji par 3.1 (2.4-3.8)mm gadā. Jūras līmeņa celšanos ietekmē gan temperatūras pieaugums, gan straujā ledāju kušana.

Novērotā ledāju un sniega segas samazināšanās ir cieši saistīta ar globālo pasiltināšanos. Meteoroloģisko satelītu dati kopš 1978.g. rāda, ka vidēji Arktikas ledāji samazinās par 2.7 (2.1-3.3)% 10 gados. Kalnu ledāji un sniega segas izplatība ir samazinājusies abās puslodēs. Ziemeļu puslodē par 7% ir samazinājusies teritorija, kurā sezonāli tiek novērots grunts sasalums. Savukārt mūžīgā Arktikas mūžīgā saluma slāņa temperatūra kopš 1980.g. ir pieaugusi par 3<sup>o</sup>C.

Globālā mērogā ir notikušas arī būtiskas pārmaiņas atmosfēras nokrišņu režīmā. Laika periodā 1900.-2005.g. atmosfēras nokrišņi ir būtiski pieauguši Ziemeļeiropā, Ziemeļamerikas un Dienvidamerikas austrumu daļās, un Āzijas ziemeļu un centrālajās daļās, savukārt samazinājies nokrišņu daudzums ir Sahārā, Vidusjūras reģionā un Dienvidāfrikā, kā arī Āzijas dienvidu daļā. Tiek vērtēts, ka globālā mērogā teritorijas, kas ir pakļautas sausuma riskam kopš 1970.g., ir palielinājušās.

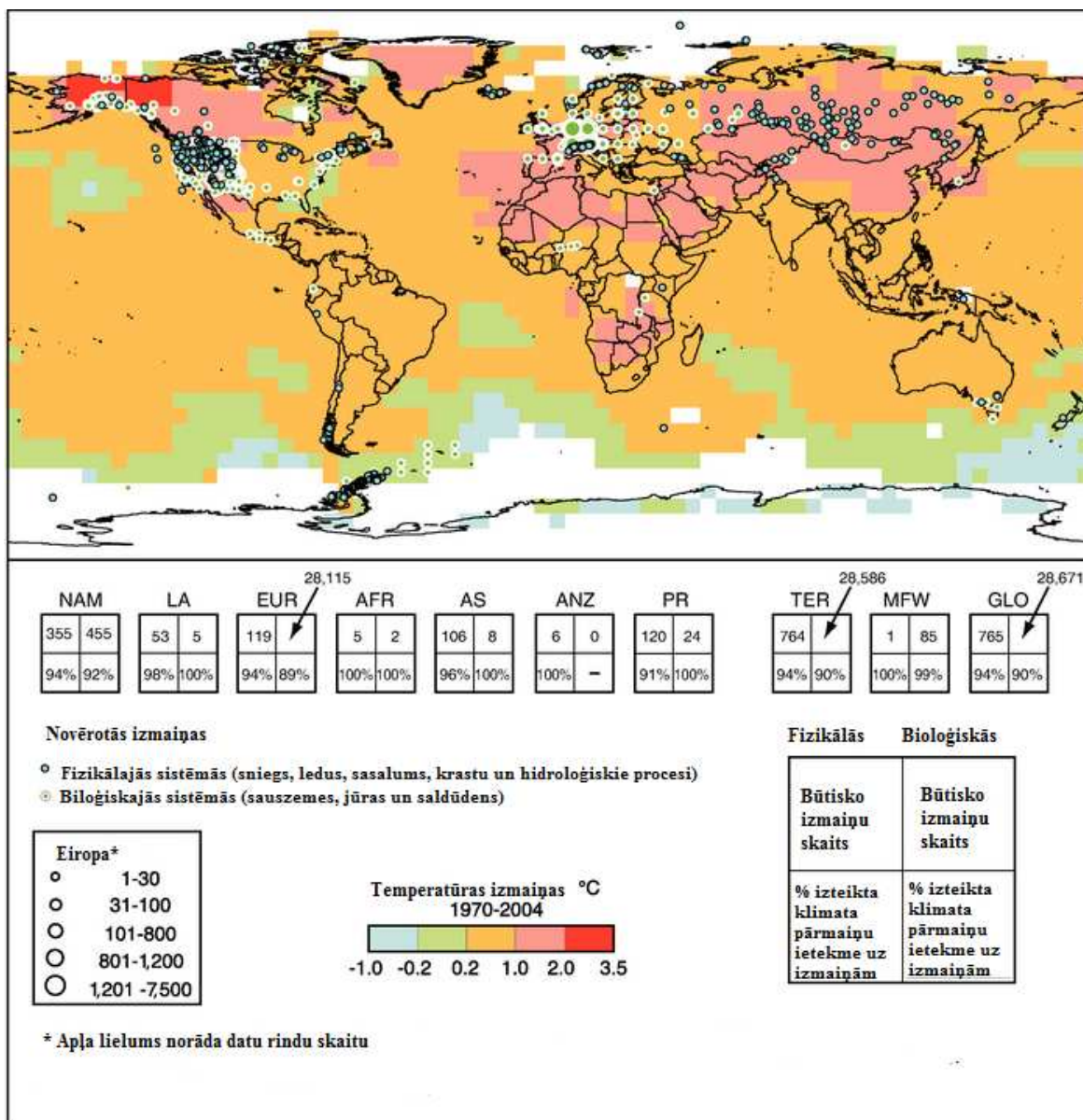
Ekstremālo laika apstākļu pētījumi ir parādījuši, ka: a) gandrīz visās sauszemes teritorijās samazinās auksto dienu un nakšu skaits un palielinās karsto dienu un nakšu skaits; b) palielinās karstuma viļņu skaits; c) lielā daļā globālās teritorijas palielinās ekstremālo nokrišņu gadījumu skaits; d) pieaudzis negadījumu skaits, kas saistīts ar jūras līmeņa paaugstināšanos.

Kopš 1970.g. tiek novērots tropisko ciklonu aktivitātes pieaugums Ziemeļatlantijas okeānā un citos reģionos.

Konstatētās klimata sistēmas pārmaiņas globālā mērogā ir ietekmējušas būtiskas izmaiņas fizikālās un bioloģiskās dabas vides sistēmās reģionālā mērogā (1.2. attēls).

Būtiski ietekmēti dabas procesi, kas saistīti ar sniegu, ledu un grunts sasalumu: a) paplašinājušies glaciālās izcelsmes ezeri un pieaudzis to skaits; b) palielinājusies mūžīgā sasaluma teritoriju grunts nestabilitāte un pieaudzis lavīnu un noslīdeņu risks kalnu teritorijās; c) notikušas būtiskas izmaiņas Arktikas un Antarktīdas ekosistēmās, tajā skaitā jūras ledus biomas.

Lielais pētījumu skaits pierāda, ka notikušas arī būtiskas pārmaiņas hidroloģiskajās sistēmās: upēs, kuru galvenā barošanās ir ledus un sniega kušanas ūdeņi, palielinājusies notece un pavasara pali iestājas agrāk, paaugstinājusies ezeru un upju ūdens temperatūra, kas ietekmē to ekoloģisko stāvokli un ūdens kvalitāti.



Baltajos laukumos kartē nav pietiekami daudz datu, lai noteiktu gaisa temperatūras izmaiņas lielumu. Kvadrātos 2X2 tiek parādīts kopējais novērojumu rindu skaits, kurās konstatētas būtiskas izmaiņas (augšējā rinda) un procentuālais izmaiņu skaits, ko ietekmējusi pasiltināšanās (apakšējā rinda). NAM – Ziemeļamerika; LA – Latīņamerika; EUR – Eiropa, AFR – Āfrika; AS – Āzija; ANZ – Austrālija un Jaunzēlande; PR – Polārie reģioni; TER – globālā mēroga sauszemes sistēmas; MFW – globālā mēroga jūras un sauszemes sistēmas; GLO – globālās sistēmas kopumā (IPCC, 2007).

## 1.2. attēls. Izmaiņas fizikālajās un bioloģiskajās sistēmās laika periodā 1970.-2004.g.

Daudzi pētījumi ir pierādījuši, ka straujā pasiltināšanās būtiski ietekmējusi sauszemes bioloģiskās sistēmas, kam par piemēru kalpo šādi atzinumi: agrāka tādu pavasara parādību iestāšanās kā koku lapu plaukšana, putnu migrācija un olu dēšana; augu un dzīvnieku sugu izplatību robežu pārbīdīšanās virzienā un ziemeļiem. Notikušas arī izmaiņas jūras un sauszemes ekosistēmās.

Arvien vairāk tiek konstatētas klimata pārmaiņu ietekmes iezīmes un dažādām darbības sfērām reģionālā mērogā:

- Lauksaimniecība un mežsaimniecība – Ziemeļu puslodes lielajos platuma grādos klimata pārmaiņas ir ietekmējušas agrāku sējas laiku, kā arī mežu bojājumu palielināšanos kaitēkļu intensīvas vairošanās un meža ugunsgrēku ietekmē.

- Cilvēku veselība – ar karstuma viļņu biežumu saistītā mirstības palielināšanās Eiropā, infekcijas slimību pārnēsātāju izplatības izmaiņas; ar klimata pārmaiņā saistīto alerģisko slimību izraisītāju ziedputekšņu daudzuma un izplatības izmaiņas.

Kopumā zinātnieku atzinums liecina, ka 90-94% no visām pētījumos konstatētajā izmaiņām fizikālajos un bioloģiskajos procesos globālā mērogā ir saistītas ar globālo sasilšanu. Eiropas reģionā šis procents ir attiecīgi 89-94% (1.2. attēls).

## 1.2 Klimata pārmaiņas Eiropā

Līdzīgi kā globālā mērogā un ziemeļu puslodē, arī Eiropā vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās ir spilgti izteikta un sastāda  $0.90^{\circ}\text{C}$  laika periodā 1901.-2005. g. Pēdējās desmitgadēs arī Eiropā gaisa temperatūra ir paaugstinājusies straujāk un laika periodā 1979.-2005.g. gada vidējās gada gaisa temperatūras pieaugums bijis  $0.40^{\circ}\text{C}/\text{dekādē}$  (Jones and Moberg, 2003; Alcamo et al., 2007). Pēdējos gados gaisa temperatūras straujāks pieaugums vērojams Eiropas centrālajos un ziemeļaustrumu rajonos, kā arī kalnu reģionos. Savukārt dienvidos, Vidusjūras reģionā, gaisa temperatūras pieaugums bijis mazāks (Böhm et al., 2001). Gaisa temperatūras paaugstināšanās Eiropā vairāk raksturīga ziemas periodam nekā vasarai (Jones and Moberg, 2003). Sezonālas gaisa temperatūru izmaiņu atšķirības konstatētas arī pašās garākajās novērojumu rindās. Zviedrijā pavasara gaisa temperatūras pirms 1840. g. bijušas līdzīgas periodam no 1901.-1929.g., bet stabils gaisa temperatūras paaugstināšanās trends novērots no 1880. g. Savukārt vasaras un rudens periodi no 1901.-1929.g. bijuši aukstākie visā novērojumu periodā kopš 18.gs. sākuma. 1850-tajos, 1930.-40-tajos gados un pēc 1990. g. vasaras bijušas siltākas nekā pārējā laika periodā (Moberg et al., 2006a).

Baltijas jūras reģionā laika periodā 1871.-2004.g. vidējās gada gaisa temperatūras pieaugušas par  $0.10^{\circ}\text{C}$ - $0.07^{\circ}\text{C}/\text{dekādē}$  (10 gados), un šis pieaugums ir lielāks kā globālā mērogā kopumā. Baltijas jūra baseinam raksturīga arī apmēram piecas reizes lielākas gaisa temperatūras svārstības kā globālai vidējai gaisa temperatūrai (Heino et al., 2008).

Arī Eiropā, līdzīgi kā pasaulē kopumā, 20. gs. atmosfēras nokrišņu tendences nav vienādas visā teritorijā un sezonālā griezumā. Ziemas nokrišņu daudzums ir palielinājies lielākajā daļā teritoriju Atlantijas okeāna tuvumā un Eiropas ziemeļu daļā (Schönwiese and Rapp, 1997; Alcamo, 2007). Vidusjūras reģionā gada nokrišņu daudzuma trends ir negatīvs austrumu daļā, bet nenozīmīgs rietumos (Piervitali et al., 1998; Romero et al., 1998; Norrant and Douguédroit, 2006).

Baltijas jūras baseina valstīs 20.gs. otrajā pusē konstatēts atmosfēras nokrišņu pieaugums periodā 1976.-2000.g., salīdzinot ar periodu 1951.-1975.g. Tomēr šīs izmaiņas nav vienādas visā reģionā. Lielākais atmosfēras nokrišņu daudzuma pieaugums konstatēts Zviedrijā un Baltijas jūras austrumu daļā, īpaši ziemas, rudens un pavasara periodos (Heino et al., 2008).

Līdz ar vidējo gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu pārmaiņu iezīmēm, notikušas arī izmaiņas ekstremālajos laika apstākļos. Pētījums, kas balstīts uz ekstrēmo gaisa temperatūru indeksu analīzi, parādīja, ka 20. gs. laikā Eiropā raksturīgs gaisa temperatūru silto ekstremālo rādītāju pieaugums un auksto ekstremālo rādītāju samazināšanās (Klein Tank and Können, 2003). Vasaras periodā Eiropā ir pieaugušas gan diennakts maksimālās, gan minimālās gaisa temperatūras, bet ziemas periodā – galvenokārt diennakts minimālās temperatūras, vērojamas reģionālas atšķirības ekstremālo gaisa temperatūru izmaiņās (Heino et al., 1999; Moberg et al., 2006b). Zviedrijā laika periodā no 1850. g. līdz 1990-tajiem gadiem konstatēts nozīmīgs dienu skaita ar minimālo gaisa temperatūru zem  $0^{\circ}\text{C}$  samazināšanās par apmēram 175 dienām (Moberg et al., 2006). Pēc garāko novērojumu rindu datiem Eiropā līdz 19. gs. beigām bija vērojama ekstremāli augsto gaisa temperatūru samazināšanās, bet sākot ar 20. gs. sākumu – ekstremāli zemo gaisa temperatūru samazināšanās un ekstremāli augsto gaisa temperatūru

palielināšanās, īpaši vasaras periodā sākot ar 1961. g. (Yan et al., 2002). Eiropas dienvidu daļā strauji pieaugušas gan silto, gan auksto gaisa temperatūru ekstremālās vērtības (Brunetti et al., 2000b; Brunet et al., 2006), kas ir ietekmējušas biežākus karstuma viļņus šajās teritorijās.

Baltijas jūras reģionā konstatēta dienu skaita ar minimālo gaisa temperatūru zemāku par 0°C strauja samazināšanās 20. gs. otrajā pusē un atsevišķākas vietās Norvēģijā un Dānijā pat par 8 dienām dekādē (Heino et al., 2008). Visbūtiskāk sala dienas ir samazinājušās ziemā un pavasarī, bet rudenī vērojams pat neliela šo dienu skaita palielināšanās (Klein Tank and Können, 2003). Baltijas jūras baseina valstīs 20.gs. otrajā pusē ir palielinājies silto nakšu skaits un samazinājies auksto nakšu un dienu skaits, nedaudz pieaudzis vasaras dienu skaits ar maksimālo diennakts gaisa temperatūru augstāku par +25°C (Moberg and Jones, 2005).

Lielākā daļa novērojumu staciju Eiropā parāda nozīmīgu pieaugošu trendu dienu skaitam ar vidēju un lielu nokrišņu daudzumu 20. gs. otrajā pusē (Klein Tank and Können, 2003). Liela daļa pētījumu liecina, ka spēcīgo nokrišņu palielināšanās ir būtiskāka un lielāka kā vidējo atmosfēras nokrišņu daudzuma pieaugums. Tomēr atsevišķos gadījumos pat tad, kad sezonu kopējais nokrišņu daudzums nav mainījies, būtiski palielinājies ekstremālo nokrišņu daudzums (Esterling et al., 2000). Piemēram, ekstremālo nokrišņu pieaugums tika konstatēts Vidusjūras reģionā, lai gan nozīmīgas izmaiņas kopējā nokrišņu daudzumā netika atrastas (Alpert et al., 2002). Itālijā uz kopējā dienu skaita ar nokrišņiem samazināšanās fona tika konstatēts, ka kopš 19. gs. beigām nozīmīgi palielinājies dienu skaits ar intensīviem nokrišņiem, pieaudzis arī epizožu skaits ar ļoti intensīviem nokrišņiem, galvenokārt valsts ziemeļu daļā (Brunetti et al., 2004).

Jau pieminēts, ka arī Eiropā klimatu pārmaiņu rezultātā ir konstatētas būtiskas pārmaiņas dabas procesos un dažādās darbības sfērās. 1.1. tabulā apkopotas galvenās atziņas par klimata pārmaiņu ietekmes iezīmēm dažādos Eiropas reģionos. Šīs izmaiņas liecina, ka klimata pārmaiņu rezultātā tiek būtiski ietekmēti dabas procesi un dažādas darbības sfēras.

1.1.tabula

**Izmaiņas dabas procesos Eiropā, kas saistītas ar gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu pārmaiņām (IPCC, 2007)**

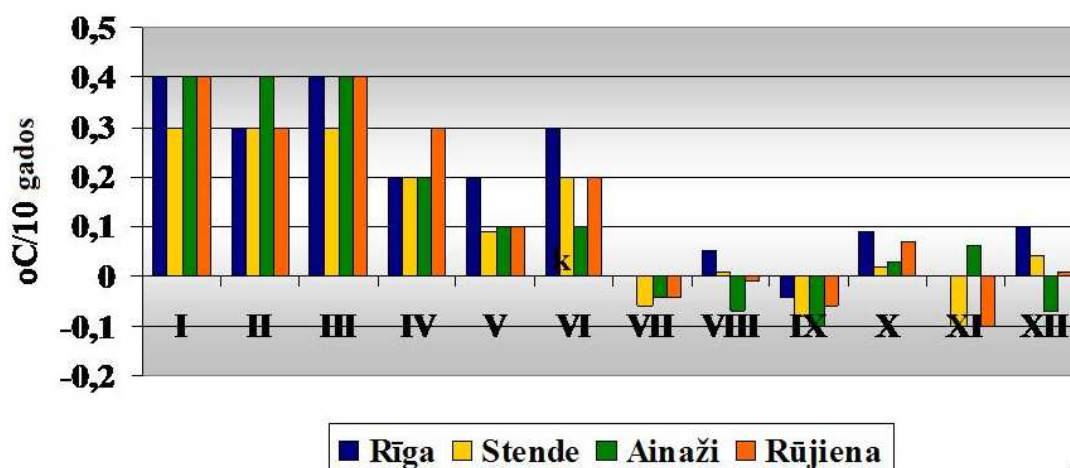
Reģions	Novērotās izmaiņas
<i>Krastu un jūras sistēmas</i>	
Atlantijas ziemeļaustrumu daļa, Ziemeļjūra	Planktona un zivju pārvietošanās uz ziemeļiem
<i>Sauszemes ekosistēmas</i>	
Eiropa	Koku izplatības robežas pārvietošanās uz ziemeļiem
Eiropa	Fenoloģiskās izmaiņas (agrākas pavasara pazīmju iestāšanās, augšanas sezonas garuma pieaugums); mežu produktivitātes pieaugums laika periodā 1950.-1999. (30 valstīs)
Alpi	Mūžzaļo platlapju koku invāzija mežos, <i>Viscum album</i> pārvietošanās pa kalnu nogāzēm uz augšu
Skandināvija	<i>Ilex aquifolium</i> pārvietošanās ziemeļu virzienā
Augstkalnu reģioni	Izmaiņas augstkalnu veģetācijā
<i>Lauksaimniecība</i>	
Ziemeļeiropa	Graudaugu stresa augšanas apstākļu palielināšanās saistībā ar karstākām un sausākām vasarām; ražas zaudējumu risks krusu dēļ
Skandināvijas dienvidu daļa, Lielbritānija	Kukurūzai labvēlīga areāla paplašināšanās (siltākas vasaras)
Francija	Vīnogu augšanas sezonas pagarināšanās, vīna kvalitātes izmaiņas



Vācija	Augļu koku veģetācijas sezonas sākuma izmaiņas
<i>Kriosfēra</i>	
Krievija	Mūžīgā sasaluma izplatības areāla un biezuma izmaiņas, kas rada infrastruktūras bojājumus
Alpi	Sezonālā sniega samazināšanās (zemākajās kalnu teritorijās)
Eiropa	Ledāju izplatības un apjoma samazināšanās
<i>Veselība</i>	
Ziemeļeiropa	Ērcu izplatība uz ziemeļiem
Vidusjūra, Centrāleiropa	Karstuma viļņu izraisītās mirstības pieaugums
Eiropa	Agrāka alergisko putekšņu sezonu sākšanās

### 1.3 Klimata pārmaiņu raksturs Baltijas valstīs un Latvijā

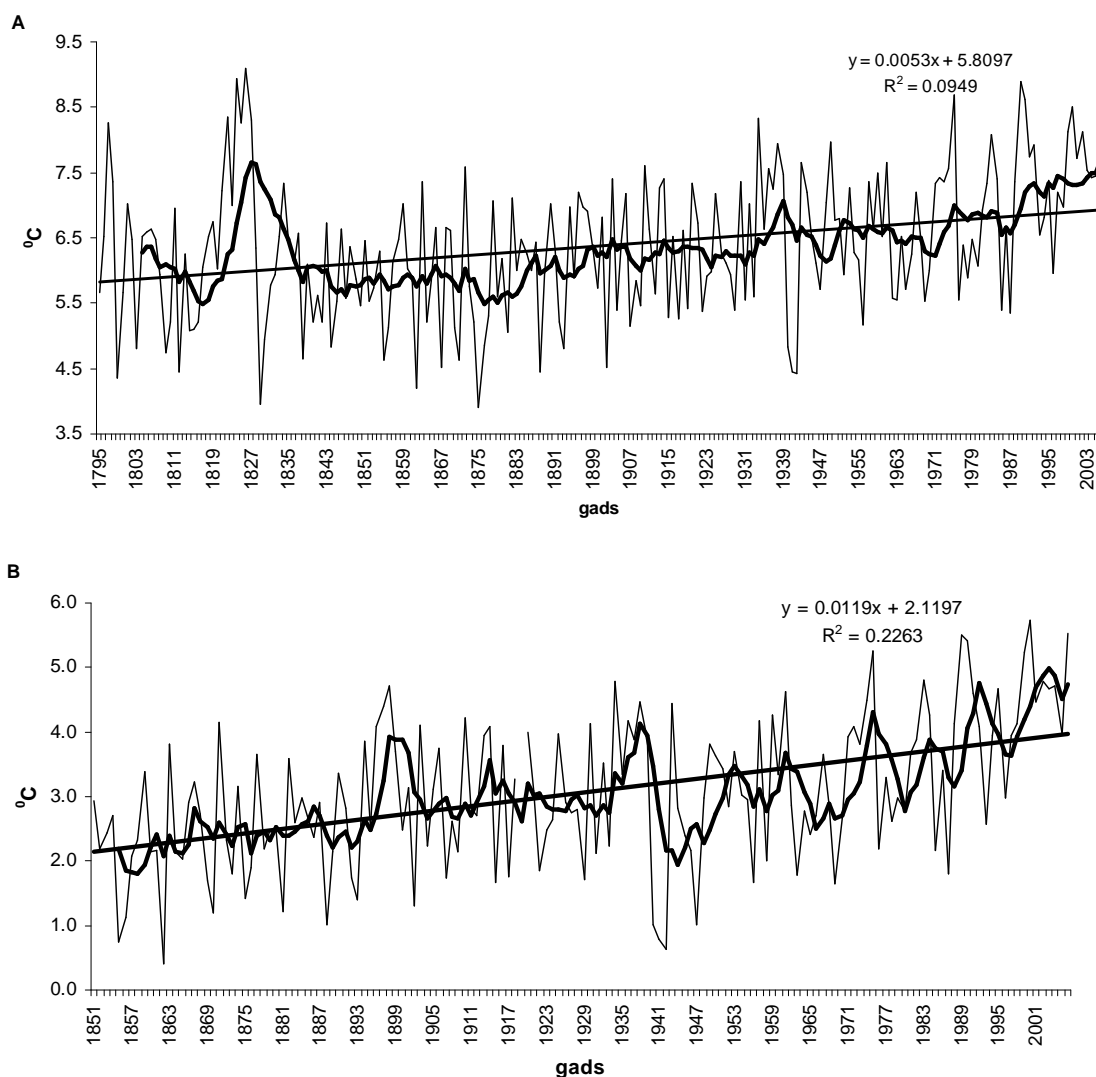
Pētījumi Latvijā, Lietuvā un Igaunijā parādījuši, ka 20. gs. gaisa temperatūras pieaugušas visās sezonās, izņemot rudeni. Nozīmīgi gada vidējās, ziemas un pavasara gaisa temperatūras pozitīvie trendi konstatēti periodos 1922.-2003.g., 1941.-2003. g. un 1961.-2003. g. Vasaras gaisa temperatūras pieaugums vispilnīgāk izteikts pēdējos 40 gados (Reihan et al., 2007). Igaunijā gada vidējā gaisa temperatūra 20.gs. paaugstinājusies par 1.0-1.7° C, un vislielākais gaisa temperatūras pieaugums 2.0-3.0°C konstatēts pavasarī, īpaši marta mēnesis (Jaagus, 2006). Vidējā gada gaisa temperatūra Lietuvā laika periodā no novērojumu sākuma 18.gs. līdz 20.gs. beigām paaugstinājusies par 1.0°C, galvenokārt aukstajā gada periodā (Bukantis and Rimkus, 2005). Laika periodā 1925.-2008.g. gaisa temperatūra Latvijā ir būtiski palielinājusies par 0.8-1.3°C. Nozīmīgākās un lielākās izmaiņas konstatētas pavasarī un ziemā. Vasaras periodā gaisa temperatūras izmaiņu trendi nav nozīmīgi (1.3.attēls). Līdzīgi kā vidējā gaisa temperatūra, ir pieaugušas arī minimālās un maksimālās gaisa temperatūras, bez tam minimālās gaisa temperatūras pieaugums ir lielāks, kas ietekmē gaisa temperatūru diennakts amplitūdu samazināšanos (Lizuma et al., 2007; Lizuma, 2008).

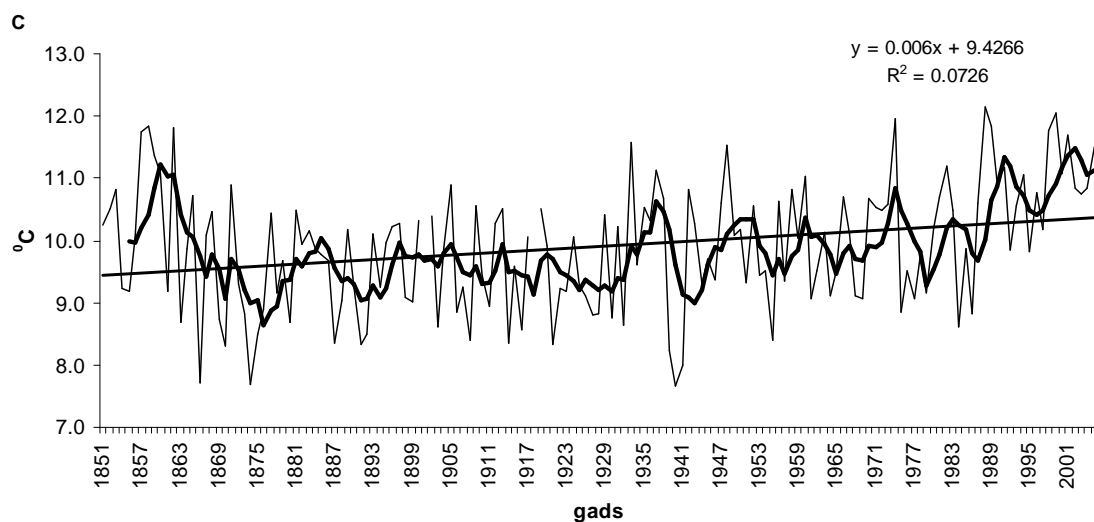


1.3.attēls. Gaisa temperatūras izmaiņas pa mēnešiem periodā 1925.-2008.

Līdz ar gaisa temperatūras pakāpenisku pieaugumu visās sezonās un gadā kopumā, ilggadīgā laika periodā iezīmējās arī izteiktas gaisa temperatūras svārstības, kad siltāki periodi nomaina relatīvi aukstākus (1.4.attēls). Analizējot vairāk kā 200 gadu garo Rīgas gaisa temperatūras novērojumu datu rindu (1795.-2006.) tika konstatēts, ka laika periods līdz 19. gs.

sākumam (apmēram līdz 1815.g.) ir bijis vēsāks kā tam sekojošie gadi periodā 1816.-1830.g., kas izceļas ar ievērojamu gaisa temperatūras paaugstināšanos. No 1830.g. līdz 1870-to gadu sākumam vidējās gada gaisa temperatūras bijušas viszemākās visā novērojumu periodā. Šajā laikā konstatēti atsevišķi gadi ar īpaši zemām gada vidējām gaisa temperatūrām – 1862.; 1867., 1871.g., kad vidējā gada gaisa temperatūra bijusi no 4.2 °C līdz 4.6°C. 1867.g. tiek saukts par aukstāko gadu arī Zviedrijā. Šāds secinājums izdarīts, analizējot Stokholmas novērojumu stacijas datus laika periodā no 1750.g. (Moberg and Bergström, 1997). 1867.g. aukstā pavasara dēļ Somijā tika zaudēta daļa no lauksaimniecības ražas un bojā aizgāja 8% iedzīvotāju (Heino et al., 2008). Savukārt Rīgā aukstākais gads visā instrumentālo novērojumu vēsturē bijis 1875.g, kad reģistrēta vidējā gada gaisa temperatūra tikai 3.9°C, kas ir par 2.6°C zemāka par vidējo gaisa temperatūru laika periodam 1961.-1990.g. (6.5°C). Šādu ekstremāli zemu gaisa temperatūru ietekmēja aukstās 1875. gada ziemas un pavasara sezonas. Vissiltākais gads visā novērojumu vēsturē Rīgā bijis 1826.g., kad vidējā gada gaisa temperatūra (9.1°C) ievērojami pārsniegusi klimatiskās normas rādītāju. Nākamie siltākie gadi Rīgā bijuši arī 1824.g. un 1989.g. ar vidējo gada gaisa temperatūru 8.9°C. Sākot no 19.gs. beigām vidējās gada gaisa temperatūras pakāpeniski paaugstinājās, īpaši strauji no 20.gs. 70-tajiem gadiem, sasniedzot apmēram tādas pašas vidējās gada gaisa temperatūras kā 19.gs. 20-tajos gados (1.4.attēls) (Lizuma, 2008).

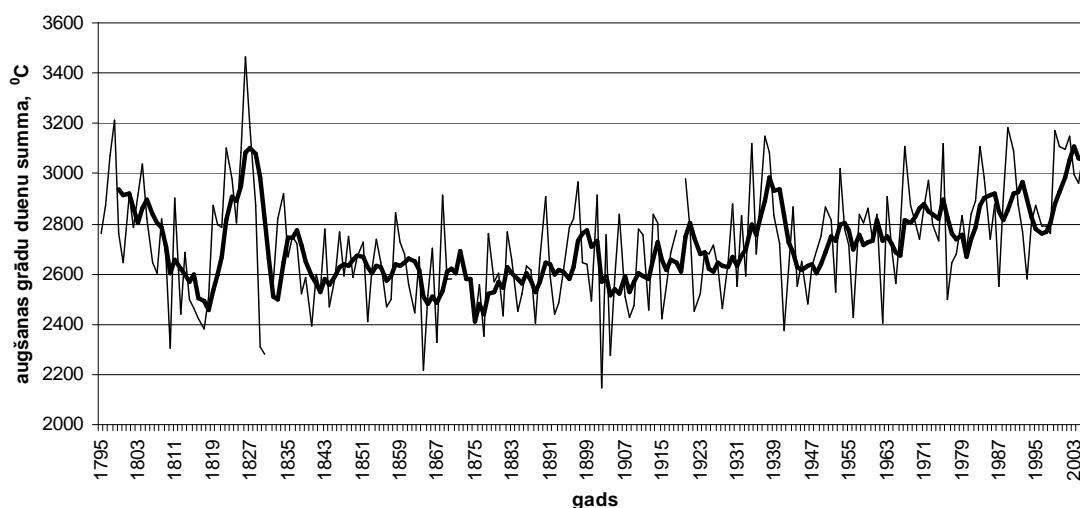




Biezākās līnija – 5 gadu slidošās vērtības.

**1.4. attēls. Vidējās gada gaisa temperatūra (A); vidējās gada minimālās gaisa temperatūras (B) un vidējās gada maksimālās gaisa temperatūras (C) ilgtermiņa izmaiņas un regresijas taisne Rīgā.**

Gaisa temperatūru izmaiņas ir ietekmējušas klimatiskās sezonālītātes rādītājus. Ilggadīgie novērojumu stacijas Rīga-Universitāte dati liecina, ka visā 211 gadu novērojumu periodā augšanas grādu dienas ir pieaugušas par 183 °C, bet laika periodā 1901.-2006.g. par 367°C. Tāpat konstatēts, ka pastāv cieša korelācijas sakarība starp augšanas grādu dienām un vidējo gaisa temperatūru aprīlī-oktobrī (korelācijas koeficients 0.90). Tas liecina par to, ka nākotnē, paaugstinoties vidējai gaisa temperatūrai, ir paredzams arī augšanas grādu dienu pieaugums (1.5.attēls) (Lizuma, 2008).



**1.5. attēls. Augšanas grādu dienu ilgtermiņa pārmaiņas Rīgā**

**Augšanas sezonu sākuma un beigu datumu un augšanas sezonu garuma izmaiņu būtiskums un lielums Rīgā (izceltajām vērtībām  $p \leq 0.05$ ), dienas**

T – Manna-Kendala testa vērtība

I - izmaiņu lielums norādītajā periodā

Laika periods	1795.-2006.		1795.-1850.		1900.-2006.	
	T	I	T	I	T	I
Augšanas sezonas sākums	<b>-1.88</b>	<b>-5.3</b>	<b>1.80</b>	<b>7.7</b>	<b>-3.22</b>	<b>-11.4</b>
Augšanas sezonas beigas	<b>1.65</b>	<b>5.5</b>	-1.10	-6.0	<b>2.70</b>	<b>14.1</b>
Augšanas sezonas garums	<b>2.20</b>	<b>10.8</b>	<b>-1.68</b>	<b>-13.7</b>	<b>4.06</b>	<b>25.9</b>

Ilggadīgā laika periodā tika konstatētas būtiskas pārmaiņas arī augšanas sezonu sākuma un beigu datumos, kā arī augšanas sezonas garumā. 1.6. attēlā parādītas augšanas sezonas sākuma datumu (A) un izbeigšanās datumu (B) izmaiņu un svārstību tendences. Grafiskais attēlojums labi parāda, ka uz kopējā fona, augšanas sezonām ir tendences iesākties agrāk un beigties vēlāk, kaut arī ilggadīgā laika periodā ir vērojamas arī periodiskas šo rādītāju izmaiņas. Instrumentālo novērojumu sākuma posmā (1795.-1850.g) kopējai pārmaiņu tendencei vērojamas gluži pretējas izmaiņas – augšanas sezonas iesākas vēlāk un beidzas agrāk, līdz ar to augšanas perioda garums samazinās (1.2. tabula).

Visstraujākās augšanas sezonu izmaiņas notikušas 20. gs. laikā, kad augšanas sezona pakāpeniski iestājas agrāk un beidzas vēlāk. Augšanas sezonas garums 20.gs. laikā ir palielinājies par 25.9 dienām (1.2. tabula). Bez tam augšanas sezonu sākuma un beigu datumiem gan novērojumu sākumā, gan beigu periodā raksturīgas lielākas svārstības gadu no gadā kā novērojumu vidus periodā (6.attēls). Kopumā analizētās augšanas sezonu izmaiņu tendences atbilst citu pētījumu secinājumiem par augšanas sezonu izmaiņu raksturu Eiropā (Heino, 2008). Augšanas sezonu izmaiņu tendences saskan ar izmaiņu tendencēm, kādas vērojamas meteoroloģiskajās sezonās un fenoloģiskajām fāzēm gan Eiropā, gan Baltijas valstīs (Menzel, 2000; Ahas et al., 2000; Grišule and Briede, 2007).

Izmaiņas aukstajā sezonā labi raksturo sala dienas, kad minimālā diennakts gaisa temperatūra ir zemāka par 0°C. Rīgā visā novērojumu minimālās gaisa temperatūras novērojumu periodā (1851.-2006) sala dienas skaits ir būtiski samazinājies vidēji no 140-150 dienām novērojumu perioda sākumā līdz 110-120 dienām novērojumu perioda beigās.

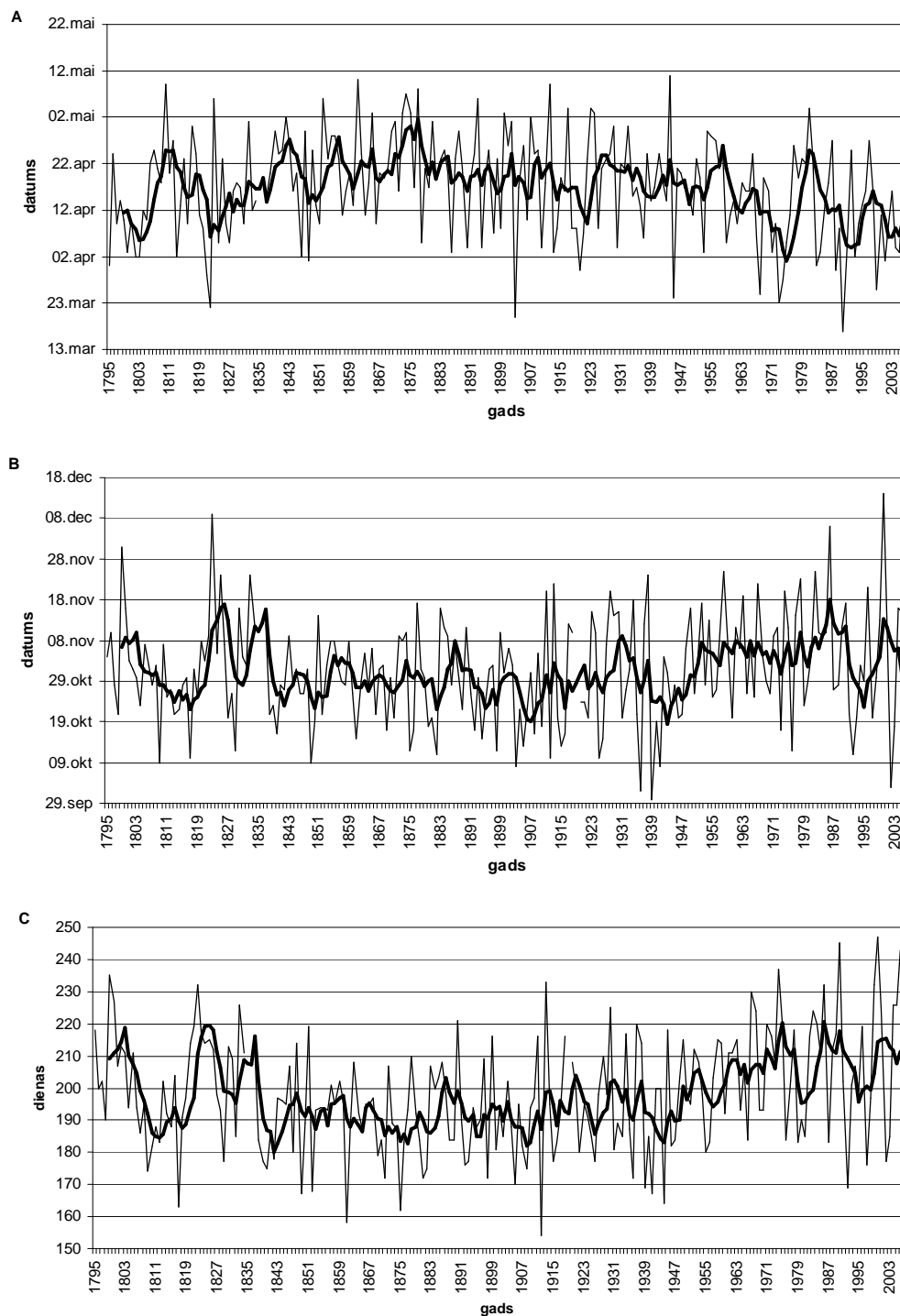
Pavasara un rudens sezonai, līdzīgi kā gadā kopumā, iezīmējas pakāpeniska sala dienu skaita samazināšanās visā novērojumu periodā, bet ziemas sezonā strauja sala dienu skaita samazināšanās sākusies 20.gs. 70-tajos gados. Turklāt 20. gs. ziemās bijušas izteiktākas sala dienu svārstības gadu no gada, salīdzinot ar novērojumiem perioda sākumu.

Sala dienu samazināšanās ir saistīta ar ziemas sezonas garuma saīsināšanos, par ko liecina pētījumi Eiropā un Baltijas valstīs. Igaunijā ziemas sezonas garums laikā no 19.gs. beigām līdz 20.gs. beigām samazinājies par 30 dienām (Jaagus and Ahas, 2000). Sala dienu samazināšanās ir saistīta arī ar sniega segas straujām izmaiņām, upju un ezeru ledus parādību samazināšanos un ziemas perioda hidroloģiskā režīma pārmaiņām Latvijā (Draveniece et al., 2007; Kļaviņš et al., 2007a; Kolčova et al., 2007).

Apkures grādu dienas ir klimata pārmaiņu indekss, kas labi raksturo enerģijas patēriņa daudzumu, kas nepieciešams ēku apkurei aukstajā sezonā. Apkures grādu dienu ilgtermiņa



izmaiņu raksturs parāda, ka grādu dienu summu būtisku samazināšanos Rīgā vairāk kā 200 gadu ilgā periodā. Pēc lineārās regresijas vienādojuma apkures grādu dienas samazinājušās par  $365^{\circ}\text{C}$ , kas ir apmēram par 10%. Apkures grādu dienu lielumam, līdzīgi kā augšanas grādu dienu temperatūras summām, tika atrasta augsta korelācijas sakarība ar vidējo gaisa temperatūru periodā oktobris-marts (korelācijas koeficients (0.8)). Šis fakts sakrīt ar pētījumu rezultātiem Eiropā, ka klimata pārmaiņu indeksam grādu dienu summai ir cieša sakarība ar vidējām sezonu gaisa temperatūrām (Jones et al., 2002). Apkures grādu dienu summu samazināšanās ir viens no pozitīvajiem klimata pārmaiņu ietekmes faktoriem, jo tas nozīmē samazinātu enerģijas patēriņu aukstajā sezonā, sevišķi Eiropas centrālajos un ziemeļu rajonos (Alcamo et.al, 2007).



**1. 6. attēls. Augšanas sezonas sākuma (A), augšanas sezonas beigu (B) un augšanas sezonas garuma (C) ilgtermiņa izmaiņas Rīgā**

Pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte datiem notikušas arī būtiskas pārmaiņas gaisa temperatūras ekstremālajos lielumos: kopumā gada griezumā siltās diennaktis vairāk kā 200 gadu laika periodā ir palielinājušās par 17, bet aukstās diennaktis samazinājušās par 25; auksto dienu skaits ir samazinājies par 32, bet silto dienu skaits pieaudzis par 21 (1851.-2006.g.); ekstremāli auksto nakšu skaits samazinājies par 46, bet ekstremāli silto nakšu skaits pieaudzis par 31 (1851.-2006.g.). Kopumā tendence labi izteikta visās sezonās, īpaši ziemā un pavasarī (Lizuma, 2008).

Gaisa temperatūru un to saistīto klimatisko rādītāju pārmaiņas Latvijā ir būtiski ietekmējušas dažādus dabas procesus.

Sniega sega ir jūtīgs klimata izmaiņu rādītājs, jo ir tieši atkarīga no gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma. Sniega segas biezums, tās pastāvēšanas ilgums ir nozīmīgs daudzu augu, bet it īpaši lauksaimniecībā izmantojamo kultūru attīstībai. Sniega masā uzkrājas nozīmīgi ūdens daudzumi, kas būtiski virszemes un pazemes ūdeņu režīma nodrošināšanā un tādejādi sniega segas rādītāji ir tieši saistāmi ar hidroenerģētikas attīstības izvērtējumu un plūdu riska novērtējamu. Sniega segas pastāvēšana būtiska arī rekreācijai un ziemas sporta veidu attīstībai (Draveniece, 2001).

Sniega sega ir tipiska Latvijai gada aukstajā periodā, kad gaisa temperatūra pārsvarā ir zemāka par nulli, bet tās ikgadējais pastāvēšanas ilgums ir mainīgs, jo reģionālo mainību nosaka gaisa temperatūru sadalījums. Jo tālāk no Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastes, jo sniega segas pastāvēšanas ilgums un tās biezums ir lielāks, īpaši rajonos, kur zemes virsmas augstums virs jūras līmeņa un novietojums pret valdošajiem vējiem sekmē gaisa masu augšupejošu kustību. Ir pierādīts, ka Baltijas jūras ietekme skaidri izpaužas 30-100 km platā piekrastes joslā. Vidējais dienu skaits ar sniega segu ir tieši atkarīgs no novērojumu stacijas izvietojuma (vietas augstuma virs jūras līmeņa). Vietas ģeogrāfiskais izvietojums ietekmē ne tikai sniega segas ilgumu, bet arī sniega segas biezumu (gan sezonas vidējo, gan arī dekādes maksimālo) un ir uzskatāms par vienu no būtiskākajiem rādītājiem raksturojot sniega segu. Vidējais dienu skaits ar sniega segu Latvijas teritorijā pieaug virzienā no rietumiem uz austrumiem: no 69 dienām Kurzemes piekrastē (Liepāja) līdz 134 dienām Alūksnē. Tajā pat laikā maksimālais novērotais dienu skaits ar sniega segu var ievērojami atšķirties. Konstatēts, ka 50 gadu laika periodā (1945.-2005.g.) sniega segas ilgums Latvijā samazinājies par 3-27 dienām (Draveniece et al., 2007). Tajā pat laikā statistiski būtiskas samazināšanās tendences (no 28 pētītajām) ir raksturīgas tikai sniega segas izmaiņām Vičaku, Rūjienas un Zosēnu stacijās.

Nokrišņiem, atšķirībā no gaisa temperatūras, ilggadīgā griezumā izteiktas lielākas cikliskas svārstības. Gada nokrišņu daudzums pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte ilggadīgajiem novērojumu datiem ir palielinājies par 11% (1851.-2006.g.), un šī nokrišņu pieauguma tendence visspilgtāk izteikta aukstajam gada laikam (oktobris-marts) – par 26% (Lizuma, 2008). 10 Latvijas novērojumu staciju dati laika periodam 1925.-2006.g. arī parāda būtisku atmosfēras nokrišņu pieaugumu aukstajā sezonā un nebūtiskas izmaiņas vai par nokrišņu daudzuma samazināšanos siltajā gada laikā. Līdz ar šīm izmaiņām aukstajā periodā ir būtiski pieaudzis dienu skaits ar nokrišņiem, diennakts un 5 dienu maksimālais nokrišņu daudzums, mitro un ļoti mitro dienu skaits (Lizuma et al., 2010).

Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu izmaiņas ir ietekmējušas hidroloģisko procesu pārmaiņas. Klimata mainība var būtiski ietekmēt arī ekstremālās dabas parādības, piemēram, plūdus, kuru cēlonis var būt strauja sniega segas kušana pavasarī, vai arī intensīvas lietavas vasaras vai rudens periodā. Ne mazāk nozīmīgas var būt ilgstoša sausuma radītās ietekmes. Gan ūdeņu režīma, gan arī ekstremālo parādību ietekmes var būtiski ietekmēt iedzīvotājus, tautsaimniecību, lauksaimniecisko ražošanu un hidroenerģētiku.

Klimata mainības ietekmi uz ūdeņiem var analizēt izmantojot upju caurplūduma un ezeru līmeņu mainības raksturu. Upju caurplūdumu mainību raksturo augsta mainība, ko

nosaka gan ilgtermiņa mainības raksturs, gan arī sezonāli noritošu procesu ievērojamās atšķirības. upju caurplūdumus (gan Latvijas lielākajām upēm, gan arī pēc noteces apjoma vidējām upēm) raksturo ne tikai augsta caurplūdumu sezonālā mainība, bet arī izteikta mazūdēns periodu nomaīņa ar laika posmiem, kuros upju caurplūdumi ir izteikti augstāki nekā vidējās vērtības vai caurplūdumu vērtības normas periodā (1961.-1990.). Augstūdēns un mazūdēns periodu mainības raksturs ir izteikts visām Latvijas upēm sezonālā un ilggadīgā griezumā, bet gadījumos, kad to sateces baseinā novērojama ievērojama upes hidroloģiskā režīma izmaiņas (hidrotehniskās būves, zemes lietojuma rakstura izmaiņas, piemēram, Lielupes baseinā), caurplūdumi var visai ievērojami atšķirties. Šāds mainības raksturs parāda upju caurplūdumu izmaiņu vispārējās tendences un laika periodu, kurā vidējie caurplūdumi ir relatīvi paaugstināti vai zemi. Latvijas upēs atšķirības starp caurplūdumiem augstūdēns un mazūdēns periodos var būt pat līdz 15-20 % no vidējām caurplūdumu vērtībām, bet periodu ilgums jeb cikliskums, kurā viens tipiskais upes režīms nomaina citu 6- 28 gadi (Kļaviņš u.c., 2008). Caurplūdumu mainība ir būtiski atkarīga no gada sezonas: caurplūdumu pieaugums ir būtisks un statistiski ticams Ventai, Salacai, Lielupei un Gaujai janvārī un februārī, kā arī Gaujai un Salacai martā, bet Ventai un Lielupei decembrī. Šāds upju noteces mainības raksturs labi saskan ar temperatūras, atmosfēras nokrišņu un ledus segas mainības sezonālo raksturu; proti, rudens-ziemas-pavasara sezonās palielinās gaisa temperatūra, pieaug nokrišņu daudzums, īpaši Latvijas rietumu daļā esošajām upēm vēlāk notiek ledus segas veidošanās un ātrāk uzsākas ledusiešana. No otras puses, pavasara-vasaras sezonās caurplūdumi palielinās Ventā un Lielupē, bet pārējos reģionos upju noteces procesi būtiski nemainās. Arī Daugavā caurplūdumi ziemā pieaug ievērojami straujāk nekā vasarā, kad caurplūdumi novērojumu laikā (1881.-2004.) faktiski nav mainījušies. Ziemas caurplūdumi īpaši būtiski ir palielinājušies pēdējo gadu desmitu laikā. Tātad klimata mainības process Latvijā ietekmē ne tikai noteces ilgtermiņa mainības procesu, bet arī sezonālās noteces rakstura izmaiņas, kas ir saistāmas ar izteiktu noteces pieaugumu ziemā, tādējādi, iespējams, ietekmējot arī augstūdēns/mazūdēns periodu cikliskumu (Kļaviņš u.c., 2008; Kļaviņš et al., 2009).

## 2. KLIMATA PĀRMAIŅU SCENĀRIJI UN TO IZVĒLES PAMATOJUMS LATVIJAI

Klimata sistēma pārmaiņas un svārstības norisinās gan dabisku faktoru, gan antropogēnas darbības rezultātā. Dabiskie faktori, kas ietekmē klimata sistēmu ir Saules radiācijas intensitātes periodiskas izmaiņas, Zemes virsmas rakstura un formas izmaiņas, izmaiņas Zemes virsmas astronomisko parametru rādītājos (Zemeslodes orbītas un griešanās ass un plaknes leņķa svārstības); atmosfēras sastāva izmaiņas (dabisko procesu rezultātā, piemēram, vulkānu izvirdumi). Visi šie dabiskie faktori lielā mērā ir noteikuši Zemeslodes klimatiskos apstākļus miljoniem gadu. Līdz ar cilvēku populācijas pieaugumu un dažādu saimniecisko darbību pēdējo gadsimtu laikā cilvēka radītās antropogēnā ietekme uz klimata sistēmām kļūst arvien nozīmīgāka. Galvenie antropogēnie klimatu ietekmējušie faktori ir atmosfēras sastāva izmaiņas (cilvēka darbības rezultātā siltumnīcas efekta gāzu koncentrācijas pieaugums atmosfērā) un Zemes virsmas rakstura izmaiņas (mežu izciršana, pilsētu izaugsme, teritoriju mākslīga nosusināšana/apūdeņošana u.c.).

Tiek vērtēts, ka globālā mērogā siltumnīcas efekta gāzu pieaugums antropogēnās darbības rezultātā laika periodā 1970.-2004.g. ir pieaudzis par 70%. Pasaules klimata eksperti ir nonākoši pie secinājuma: „*loti iespējams*, ka novērotā globālā gaisa temperatūras paaugstināšanās kopš 20.gs. vidus lielā mērā ir saistīta ar antropogēno siltumnīcas efekta gāzu koncentrācijas paaugstināšanos” (IPCC, 2007).

Globālo klimata pārmaiņu tendences 21. gs. lielā mērā būs atkarīgas no atmosfēras sastāva, tostarp siltumnīcas efekta gāzu un aerosolu koncentrācijas izmaiņām un svārstībām.

Antropogēnās ietekmes izraisīto siltumnīcas efekta gāzu pārmaiņu tendences un lielumi savukārt lielā mērā ir atkarīgi no sociāli-ekonomiskajiem, demogrāfiskajiem un tehnoloģiskajiem faktoriem un tendencēm. Lai paredzētu nākotnes klimata pārmaiņu tendences, iespējamo lielumu un intensitāti, kā arī to ietekmi uz dažādiem dabas un sociāli-ekonomiskajiem faktoriem, globālo un reģionālo klimata pārmaiņu paredzēšanai tiek modelētas nākotnes klimata pārmaiņas ņemot vērā dažādus siltumnīcas efekta gāzu koncentrācijas pārmaiņu scenārijus, kas, savukārt, ir atkarīgi no globālo sociālo un ekonomisko faktoru attīstības nākotnē.

Sabiedrības attīstības un līdz ar to klimata pārmaiņu scenāriji tiek grupēti četrās galvenajās grupās (A1; A2; B1 un B2), kuros tiek aplūkoti alternatīvi cilvēces attīstības ceļi, kas aptver plašu demogrāfisko, ekonomisko, tehnoloģisko faktoru spektru, no kuriem ir atkarīgi siltumnīcas efekta gāzu izmešu lielumi atmosfērā. Klimata pārmaiņu scenārijos netiek paredzēta cita klimata politika kā patreizējā. Siltumnīcas efekta gāzu izmešu lielumi plaši tiek izmantoti kā pamats lai prognozētu nākotnes klimata tendences, bet to ietekmējošās sociāli-ekonomiskās, demogrāfiskās un tehnoloģiskās izmaiņas kalpo kā izejas materiāls klimata pārmaiņu novērtējumos.

A1 scenārijs paredz ļoti strauju ekonomisku izaugsmi, strauju pasaules iedzīvotāju skaita pieaugumu, kurš maksimumu sasniegs 21.gs. vidū, strauju jaunu tehnoloģiju attīstību. A1 scenārijs dalās 3 grupās, kas apraksta tehnoloģiju procesa alternatīvos virzienus: A1FI paredz intensīvu fosilā kurināmā izmantošanu; A1T paredz, ka tiks izmantoti ne fosilās izcelsmes enerģētiskie resursi; A1B scenārijs paredz balansu starp fosilo un atjaunojamo energoresursu izmantošanu, vienlaicīgi attīstoties šo resursu ekonomiskās izmantošanas tehnoloģijām.

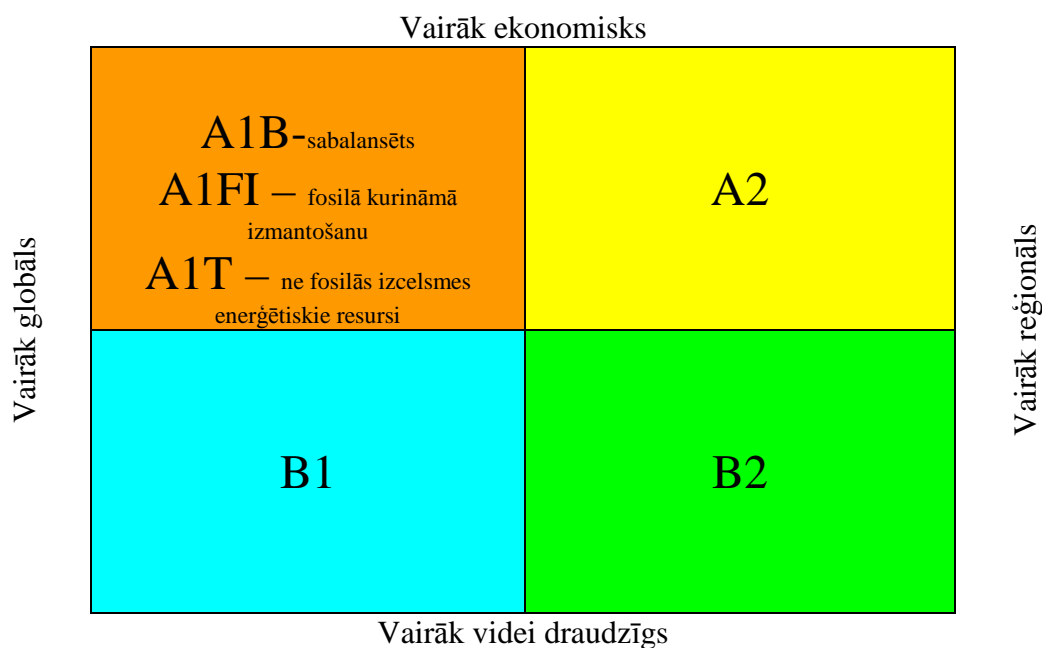
B1 scenārijs nosaka, ka iedzīvotāju skaits attīstīsies līdzīgi kā A1 scenārija gadījumā (pasaules iedzīvotāju skaits pieaug līdz 21 gadsimta vidū, bet pēc tam sākas tā samazināšanās). Ekonomiskā izaugsme notiks pieaugot pakalpojumu apjomam un attīstoties informācijas tehnoloģijām, bet samazinoties materiālietilpīgām tehnoloģijām, kā arī izstrādājot un ieviešot tīrās un resursus saudzējošās tehnoloģijas. Tiks nodrošināta valstu un sabiedrību attīstība, kas sekmē nevienlīdzības samazināšanos un globālus risinājumus vides aizsardzības ekonomiskās izaugsmes un sociālās labklājības jomās.

A2 scenārijs paredz, ka dažādas pasaules daļās sociāli-ekonomiskie apstākļi attīstīsies neatkarīgi un nevienmērīgi, turpinās pieaugt iedzīvotāju skaits, attīstīsies uz reģionālām vajadzībām orientēta ekonomika, notiks salīdzinoši lēna un fragmentāra jaunu tehnoloģiju attīstība.

B2 scenārijs paredz, ka pasaules ekonomika attīstīsies neatkarīgi dažādās pasaules daļās, tomēr būs ekoloģiski draudzīgāka kā A2 scenārija gadījumā, turpināsies iedzīvotāju skaita pieaugums, bet ne tik straujš kā A2 scenārija gadījumā, uzsvars tiks likts vairāk uz reģionālu attīstību un risinājumiem sociālajā, ekonomiskajā un vides jomās, vidējs ekonomikas attīstības līmenis, salīdzinoši lēna un fragmentāra jaunu tehnoloģiju attīstība, reģionālā līmenī ievērojama uzmanība tiks veltīta vides jautājumu risināšanai. (1.7.attēls)

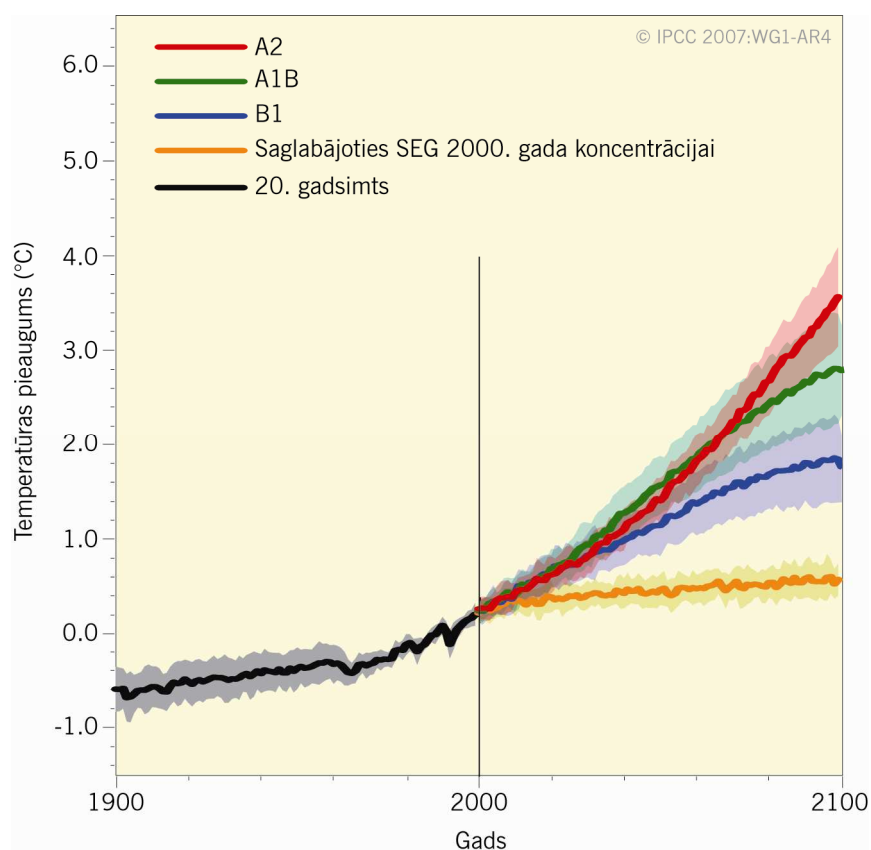
Nevienam no augstāk minētajiem scenārijiem globālā mērogā netiek dota tā realizācijas varbūtība (IPCC, 2007).





**1. 7. attēls. Sabiedrības attīstības un ar to saistīto klimata pārmaiņu scenāriju shēma**

Atkarībā no klimata pārmaiņu scenārija tiek vērtētas dažādas globālās gaisa temperatūras izmaiņas vērtības, kas kopumā dažādi varētu atsaukties un Zemeslodes dabas un fizikālajiem procesiem (1.8. attēls).



**1.8. attēls. Zemes vidējās temperatūras pieauguma raksturs atkarībā no siltumnīcefekta gāzu izmešu pieauguma un sabiedrības attīstības scenārijiem (IPCC, 2007)**

Nākotnes klimata izmaiņu scenāriji paredz, ka globālā vidējā temperatūra paredzamais pasiltināšanās temps būs daudz straujāks nekā tas bija novērots 20. gadsimtā un pēdējos 10 000 gadu laikā. Kā redzams 8. attēlā, tad atkarībā no prognozētā siltumnīcefekta gāzu koncentrācijas pieauguma scenārija, Zemes temperatūras pieaugums var visai ievērojami atšķirties (1.3.tabula). Atkarībā no siltumnīcefekta gāzu emisiju apjoma Zemes temperatūra var pieaugt visai ievērojami, turklāt temperatūras pieaugums ir izteikti nevienmērīgs un maksimālais tas var būt Arktikā un ekvatoriālajos apgabalos.

1.3. tabula

**Paredzamais globālās gaisa temperatūras pieaugums 21.gs.  
atkarībā no sabiedrības attīstības un klimata pārmaiņu scenārijiem (IPCC, 2007)**

Scenārija variants	Temperatūras izmaiņas uz 2090.-2099.g., salīdzinājumā ar 1980.-1999.g., °C	
	Vislabākais novērtējums	Iespējamais diapazons
<b>Siltumnīcas efekta gāzu koncentrācija 2000.g. līmenī</b>	0.6	0.3-0.9
<b>B1 scenārijs</b>	1.8	1.1-1.9
<b>A1T scenārijs</b>	2.4	1.4-3.8
<b>B2 scenārijs</b>	2.4	1.4-3.8
<b>A1B scenārijs</b>	2.8	1.7-4.4
<b>A2 scenārijs</b>	3.4	2.0-5.4
<b>A1FI scenārijs</b>	4.0	2.4-6.4

Klimata pārmaiņu modeļi paredz, ka Eiropā gaisa temperatūras pieaugums būs straujāks kā globālā līmenī. Eiropas ziemeļu daļā raksturīga zemo gaisa temperatūru straujāks pieaugums kā vidējām gaisa temperatūrām, savukārt Eiropas dienvidu teritorijās augstās vasaras temperatūras pieaugums straujāks kā vidējās gaisa temperatūras. Gada nokrišņu daudzums pieaugs lielākajā daļā Eiropas ziemeļu teritoriju un samazināsies Eiropas dienvidu daļā. Eiropas dienvidu daļā un Vidusjūras reģionā palielināsies sausuma risks. Eiropā samazināsies sniega segas biezums un sezonas garums ar sniega segu.

Saskaņā ar A1B scenārija datiem Eiropas ziemeļu daļā un Baltijas jūras reģionā 21. gs beigās vidējā gada gaisa temperatūra pieaugs par vidēji par 3.2°C. Vislielākais gaisa temperatūras pieaugums būs ziemas periodā (decembris-februāris), kad gaisa temperatūra, salīdzinot ar 1980.-1999.g. palielināsies vidēji par 4.3°C, pavasarī par 3.1°C, vasarā par 2.7°C, bet rudenī par 2.9°C. Gada nokrišņu summa palielināsies par 9%, ziemā nokrišņu daudzuma pieaugums būs vidēji 15%, pavasarī 12%, vasarā tas praktiski paliks nemainīgs, vien pieaugot par 2%, bet rudenī nokrišņu daudzums palielināsies par 8%. 21.gs beigās, salīdzinot ar 20.gs beigām, sezonas būs siltākas: 82% gadījumu būs siltāka ziemas sezona, 79% gadījumu pavasara sezona, 88% gadījumu vasaras sezona un 87% gadījumu rudens sezona. Mitrākas būs 43% ziemas sezonas, 28% pavasara sezonas, 11% vasaras sezonas un 20% rudens sezonas. Savukārt sausuma risks Baltijas jūras reģiona valstīm nākotnē tiek prognozēts neliels – tikai 2% pavasara sezonas un 2% rudens sezonas būs sausākas kā 20. gs. beigās. B2 un A2 scenāriju gadījumā gaisa temperatūras pieauguma tendence būs līdzīga, tikai ar to atšķirību, ka B2 scenārijs paredz salīdzinoši nelielāku gaisa temperatūras pieaugumu, bet A2 scenārijs – straujāku gaisa temperatūras palielināšanos. Tā ziemas gaisa temperatūru pieaugums tiek paredzēts robežās no 2.6-8.2 °C, pavasara gaisa temperatūras pieaugums no 2.1-5.3 °C, vasarā no 1.4-5.0 °C, bet rudenī no 1.9-5.4 °C. Līdzīgi atšķirības ir arī nokrišņu izmaiņu lielumā un pat izmaiņu tendencēs. Tā ziemas

nokrišņu pieaugumu paredz visi klimata pārmaiņu scenāriji, to izmaiņu lielums ir 9-25%. Pavasara sezonā tiek prognozēts nokrišņu daudzuma izmaiņas no 0% (nokrišņu daudzums paliek nemainīgs) līdz pat 21% pieaugumam. Savukārt, atkarībā no klimata pārmaiņu scenārija, Baltijas jūras reģionā 21. gs. beigās vasaras sezonā var tikt novērota nokrišņu daudzuma samazināšanās par 21% līdz pat pieaugumam par 16%. Rudens sezonā tiek paredzēts nokrišņu daudzuma samazinājums par 5% līdz nokrišņu daudzuma pieaugumam par 13%.

Latvijas teritorijai vispiemērotāko klimata pārmaiņu scenāriju izvēle lielā mērā ir atkarīga no iespējamo globālo procesu attīstības, kas aprakstīta iepriekš.

Latvijas teritorijas klimata pārmaiņu ietekmes raksturošanai tiks izmantots **A1B** attīstības scenārijs, kas kopumā ir balstīts uz reālu pasaules, sociāli-ekonomisko, tehnoloģisko un demogrāfisko procesu norisi nākotnē, kā arī parāda vidēju gaisa temperatūras pieaugumu, salīdzinot ar citu scenāriju paredzēto temperatūras pieauguma spektru (1.3. tabula).

### 3. FENOLOĢISKĀS AUGŠANAS SEZONAS IZMAIŅAS

Augšanas sezona zinātniskajā literatūrā tiek definēta trīs veidos:

1. periods jeb dienu skaits starp pēdējo salnu pavasarī un pirmo salnu rudenī (izmanto galvenokārt Ziemeļamerikā) (Cameron, 2005);
2. klimatiskā/termālā augšanas sezona, citos avotos veģetācijas sezona (Latvijā: augšanas sezonas sākumu definē, kā dienu, kad vidējā diennakts temperatūra ir lielāka +5°C vismaz 5 dienas pēc kārtas, savukārt beigas, kad vidējā diennakts temperatūra 5 dienas ir bijusi mazāka par +5°C);
3. fenoloģiskā augšanas sezona, kā periods starp lapu plaukšanu lapu kokiem un lapu dzeltēšanu (Karlsem et.al, 2008; Linderholm, 2006) vai arī citos avotos starp pumpurošanos un lapu krišanu (Min and Lin, 2006) vai starp lapu plaukšanu un lapu krišanu (Chmielewski and Rotzer, 2001).

20.gs fenoloģisko fāzu iestāšanās laiks, tostarp fenoloģiskās augšanas sezonas sākums, beigas, ilgums ir būtiski mainījies, ko apliecina pētījumi gan Eiropā (Menzel, 2000; Roetzer et al., 2000; Defila and Clot, 2001; Menzel et al., 2001; Aasa et al., 2004, Ahas et al., 2002) gan Ziemeļamerikā (Beaubien and Freeland, 2000), Āzijā (Ho et. al., 2006; Linderholm, 2006) (kopsavilkums dots 1.4. tabulā).

**Augšanas sezonas sākuma, beigu un ilguma izmaiņas**  
(sastādīta pēc aprakstā izmantotajiem avotiem, kā arī pēc Linderholm, 2006)

Laika periods	Ģeogrāfiskā lokalizācija	Augšanas sezonas izmaiņas dienās		
		Sākums	Beigas	Garums
1980. – 2000. 1991. – 2000.	Lielbritānija*	-5.5 -4.5		
1951. – 1996. 1961. – 2000.	Vācija*	-9.2		+9.2
1952. – 2000.	Spānija*	-16	+13	+29
1930. – 1998.	ZR Krievija*			-15...-20
1951. – 1996.	Eiropa*	-6.3	+4.5	+10.8
1951. – 1998	Austrumeiropa*	+7-+14		
1936. – 1996.	Kanāda*	-8		
1936. – 1998. 1965. – 2000.	ASV, ZA*	-7 -2...-8		
1970. – 1999.	ASV, A*	-2.4		
1922. – 2004.	Koreja*	-13		
1982. – 1993.	Ķīna**			-17
1982. – 2000.	Eiropa**	-10.8		+19.2
1981. – 1999.	Eirāzija**	-7		+18
1981. – 1999.	Ziemeļamerika**	-8		+12
1982. – 1991. 1992. – 1999.	45° - 75°**	-6 -2		+4 +0.4
1981. – 1991.	Pasaulē**	-8		+12

\* pēc fenoloģisko novērojumu datiem, \*\* pēc satelītdatiem

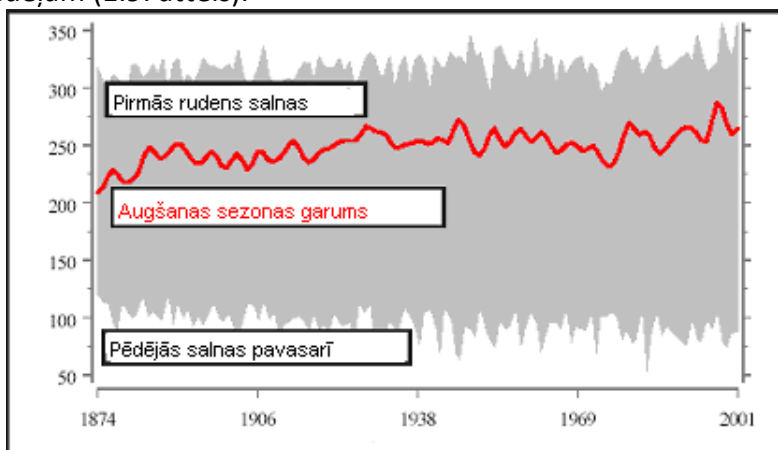
Negatīva vērtība norāda uz sezonas agrāku iestāšanos, savukārt pozitīva uz vēlāku un uz sezonas pagarinājumu.

Lielākā daļa pētījumu liecina, ka pēdējās 4-5 desmitgadēs pavasara fāzu iestāšanās (lapu plaukšana, ziedēšana) vērojama 1.2 – 3.8 dienas/ 10 gadiem agrāk, savukārt rudens fāzes 0.3 – 2.6 dienas /10 gadiem vēlāk.

Pasaulē vidēji fenoloģiskais pavasaris iestājas 8 dienas agrāk, augšanas periodam pagarinoties līdz pat 12 dienām (Linderholm, 2006).

#### Ziemeļamerika

ASV, Atlantiksitijā (Cameron, 2005) veiktie pētījumi rāda, ka augšanas sezona (šeit: periods no pēdējās pavasara salnas līdz pirmajai rudens salnai) kopš 1874. gada ir pagarinājusies par 38 dienām, t.i., 5 nedēļām (1.9. attēls).



uz x ass – gads; y ass – diena no gada sākuma

**1.9. attēls. Augšanas sezonas garuma un pirmo / pēdējo salnu trends (1874. – 2001. gads), Atlantiksitija, ASV (Cameron, 2005)**

Kanādā Edmontonā/Alberta pēc Beaubien un Freeland (2000) datiem, periodā no 1900.-1997. gadam parastās apses *Populus tremuloides* ziedēšanas sākums iestājies 2.7 dienas uz dekādi agrāk, pie tam kopš 1973 gada negatīvās, t.i., agrākās vērtības pieaug (*Populus tremuloides* ziedēšanas sākums Edmontonā, Albertā vērojams gandrīz mēnesi, t.i., 26 dienas agrāk nekā gadsimtu atpakaļ). Pavasara ziedēšanas indekss (vidējā vērtība *P. tremuloides*, *Amelanchier alnifolia*, *Prunus virginiana*) mainījies -1.3 dienas/uz desmitgadiem periodā no 1936.-1996.gadam.

Pētījumi (Baubien and Freeland, 2000) liecina par *El – Nino* ietekmi, kura rezultātā ziemas un pavasaris Kanādā kļuvušas siltākas, pavasara fāzes agrākas.

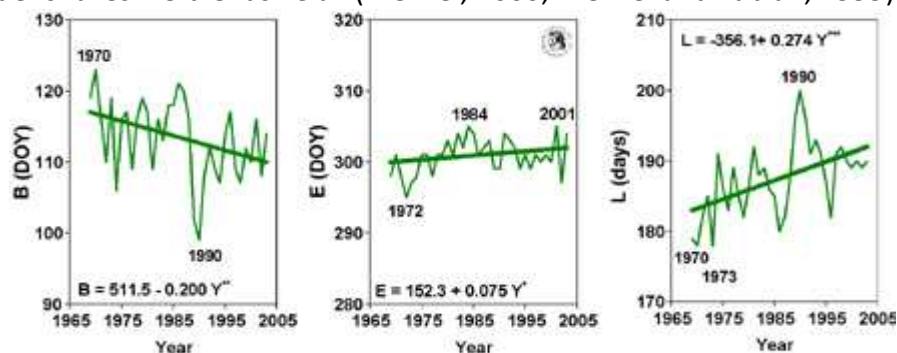
### Āzija

Korejā veiktie pētījumi (Ho et. al., 2006) parādīja Eiropai un Ziemeļamerikai analogas tendences; analizētie ziedēšanas ilgtermiņa dati (1922. – 2004. gads) parāda, ka ziedēšanas sākuma trends ir -1.4 līdz -2.4 dienas desmitgadē agrajām pavasara fāzēm un -0.5 dienas/desmitgadē vēlajām fāzēm, kas korelē ar gaisa temperatūras paaugstināšanos par +2°C 83 gadu periodā.

Savukārt Ķīnā sākot no 20.gs. 80 gadiem pavasaris iestājas agrāk Z un ZA daļā, bet A un DR daļā – vēlāk (Zheng et al, 2002 pēc Linderholm), Schwartz and Chen (2002) veiktie pētījumi liecina, ka Ķīnas augstkalnu teritorijās laika periodā no 1953. līdz 1993. gadam pavasara fāžu iestāšanās laiki nav būtiski mainījušies, kas ir pretstatā ar Eiropas datiem, savukārt pēdējās salnas pavasarī fiksētas 6 dienas agrāk, bet pirmās salnas rudenī – 4 dienas vēlāk. Čens u.c. (Chen et al., 2005), kombinējot fenoloģiskos datus ar satelītdatiem, veicot datu ekstrapolāciju, secinājis, ka augšanas sezona Ķīnā laika periodā no 1982. līdz 1993. gadam pagarinājusies par 1.4 – 3.6 dienām gadā ziemeļos un par 1.4 dienām pārejā teritorijā (<http://gvc.gu.se.nggeo/deliang/gsl.pdf>).

### Eiropa

Eiropas fenoloģiskajos dārzos (fenoloģiskajos dārzos tiek audzētas ģenētiski viendabīgas koku un krūmu sugas, kuru bioloģisko attīstību mazāk ietekmē lokālie apstākļi) veikto novērojumu apkopojumi (1959.-1996. gads) rāda, ka pavasara fāzes vidēji iestājas 6.3 dienas agrāk, bet rudens fāzes 4.5 dienas vēlāk (Menzel, 2000; Menzel and Fabian, 1999).



B – augšanas sezonas sākums; E – augšanas sezonas beigas; L – garums; DOY – dienas no gada sākuma

### **1.10. attēls. Augšanas sezonas sākuma, beigu un ilguma trendi Eiropā (1965. - 2003. g.)**

(<http://www.agrar.hu-berlin.de>.)

Balstoties uz starptautisko fenoloģisko dārzu datiem, Chmielewski un Rotzer (2001), aprēķināja lapu plaukšanas indeksa vērtību (vidējais lapu plaukšanas datums purva (pūkainā) bērzam *Betula pubescens*, ķiršu *Prunus avium*, parastā pīlādža *Sorbus aucuparia* un Alpu vērenes (mīklenes) *Ribes alpinum*; pirmās redzamās lapas vismaz 3-4 vietās) periodā no 1969.-1998. gadam.

Vidēji Eiropā analizētajā periodā (1969.-1998.) augšanas sezona iestājusies 23.aprīlī, ar lielām reģionālajām atšķirībām, piemēram, Portugālē augšanas sezona iestājas jau 25. martā, kamēr Somijas Z daļā 23. maijā.

Periodā no 1989.līdz 1998. gadam 8 no 10 gadiem fiksētas agrākas vērtības nekā periodā vidēji. Visagrākās vērtības novērotas 1990. gadā (10.tab.), kad augšanas sezonas sākums vidēji Eiropā novērots 14 dienas agrāk, respektīvi jau 9. aprīlī (centrālajā Eiropā pat 27 dienas agrāk). Vēlākās vērtības fiksētas 1970. gadā (3.maijs), pie tam Ziemeļ- un centrālajā Eiropā sezona iestājusies pat 20 dienas vēlāk.

Augšanas sezonas sākuma vērtībām ir liela telpiskā amplitūda, fenolģiskā augšanas sezona jeb *green-up* Eiropā pārvietojas ar ātrumu 44 km/diennaktī no D uz Z, 200 km/diennaktī no R uz A un 32 m/diennaktī vertikālā mērogā.

Visā Eiropā gaisa temperatūra februārī, martā un aprīlī analizētā perioda pēdējā dekādē pieaugusi par 0.8°C, tādējādi augšanas sezonas sākums mainījies 8 dienu intervālā. Paaugstinoties februāra-aprīļa gaisa temperatūrai par 1 °C, augšanas sezonas sākums iestājas 7 dienas agrāk.

Augšanas sezonas beigas tika definēts kā vidējais lapu krišanas (~ 50% koka lapu ir nokritušas) datums *Betula pubescens*, *Prunus avium*, *Sorbus aucuparia*, *Ribes alpinum*.

Eiropā vidēji augšanas sezona beidzas 28. oktobrī, agrāk Z daļā, piemēram Somijā jau 9. oktobrī, Norvēģijā 26. oktobrī, kamēr piekrastes teritorijās tikai novembra sākumā.

Vidējais augšanas sezonas ilgums ir 188 dienas, variē no 4.5 mēnešiem Z Skandināvijas kontinentālajās daļās līdz gandrīz 7 mēnešiem Vidusdonovas zemienē (Ungārijā). Garākā augšanas sezona novērota 1990. gadā, vidēji 200 dienas.

Rudens fenoloģisko fāzu vērtības parasti neuzrāda tik lielas variācijas jeb izmaiņas kā pavasara fāzes. Augšanas sezonas beigu vērtību amplitūda jeb starpība starp agrāko un vēlāko iestāšanās laiku ir 10 dienas, kamēr sezonas sākums variē 24 dienu intervālā.

1.5. tabula

#### Augšanas sezonas parametru raksturojums pēc fenoloģisko dārzu datiem (1969-1998).

(veidota pēc Chmielewski un Rotzer,2001)

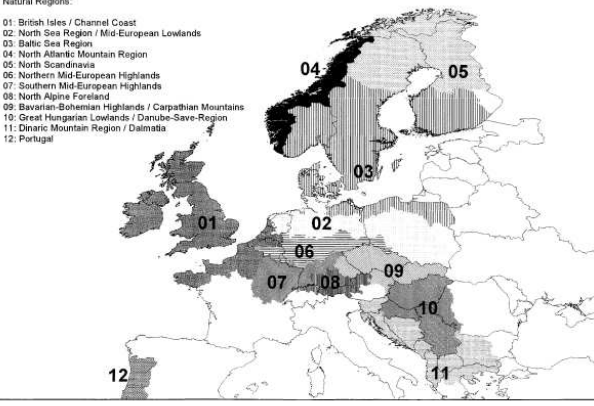
	Iestāšanās laiks (vid.)	SD	Agrākais iestāšanās datums	Vēlākais iestāšanās datums	Izmaiņu trends (dienas/10gadiem)
Sākums	23.04.	5.8	09.04.	03.05.	-2.7 **
Beigas	28.10.	2.4	22.10.	01.11.	+0.9*
Ilgums	188 dienas	5.5	178 dienas	200 dienas	+3.5***

Ticamība \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05, \* p< 0.1

Augšanas sezonas ilgums lielākoties mainījies pavasara fāzu izmaiņu ietekmē, piemēram, ja perioda vidējā gaisa temperatūra paaugstinās par 1°C, sezonas ilgums attiecīgi par 5 dienām.

Kopumā augšanas sezonas ilgums vidēji pagarinājies par 10.5 dienām, t.i. +3.5 dienas/dekādē (1.5.tab.), reģionālās atšķirības: -3 līdz -6 dienas/uz 10 gadiem, vislielākās izmaiņas konstatētas centrālajā Eiropas daļā, mazāk Skandināvijas Z un DA Eiropā (1.6.tab.). Augšanas sezonas beigu trendi lielākoties ir pozitīvs, t.i., lapu krišana iestājas vēlāk.

**Augšanas sezonas sākuma, beigu un ilguma izmaiņas Eiropā (1969-1998)**  
(pēc Chmielewski un Rotzer, 2001)

#	Augšanas sezonas sākums (dienas/10gadi em)	Beigas (dienas/10 gadiem)	Ilgums (dienas/10 gadiem)	
Vid.	-2.7**	+0.9*	+3.5***	
01	-5.7***	-0.4	+5.3***	
02	-5.9***	+0.4	+5.9***	
03	-4.3***	-0.1	+4.5***	
04	-0.9	+0.2	+0.6	
05	-1.9	+2.4	+4.3**	
06	-4.5***	+0.5	+4.9***	
07	-5.0***	+1.5**	+6.3***	
08	-3.1*	+0.5	+3.5**	
09	-0.8	+0.9	+1.6	
10	-0.1	+1.0	+1.1	
11	+2.4	+3.5	+0.9	
12	-4.7**	-	-	
				ledalījums reģionos

Ticamība \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05, \* p<0.1

Vairāk nekā 30 līdzautoru publikācijā (Menzel et al., 2006), kas izstrādāta balstoties uz Eiropas fenoloģisko novērojumu datu bāzi (satur ierakstus vairāk nekā par 20 Eiropas valstu datiem), analizējot 125 000 novērojumu datu rindas, aprēķināts, ka 78% no visiem lapu plaukšanas, ziedēšanas trendiem ir negatīvi, t.i., periodā no 1971. – 2000. gadam iestājas agrāk (vidēji -2.5 dienas/uz desmit gadiem). Savukārt rudenī 48% datu rindu uzrādīja pozitīvu, t.i., iestājas vēlāk un 52% negatīvu tendenci (lapu krišana iestājas vēlāk, bet savukārt augļu nogatavošanās agrāk, galvenokārt tas attiecas uz lauksaimniecības kultūrām nevis uz savvaļas augiem).

Pētījums pierāda, ka gaisa temperatūras izmaiņas ir galvenais ietekmējošais faktors, paaugstinoties gaisa temperatūrai par 1°C, pavasara-vasaras fāzes iestājas 2.5 dienas agrāk, savukārt rudens fāzes 1 dienu vēlāk (Menzel et al., 2006). Pie tam agrās pavasara fāzes ir vairāk sensitīvas uz temperatūras izmaiņām (iespējams to izraisa gaisa temperatūras mainība). Starp lapu dzeltēšanu, lapu krišanu un gaisa temperatūru netika atrasta statistiski cieša sakarība, kas nozīmē, ka rudens fāzēm ir citi limitējošie faktori.

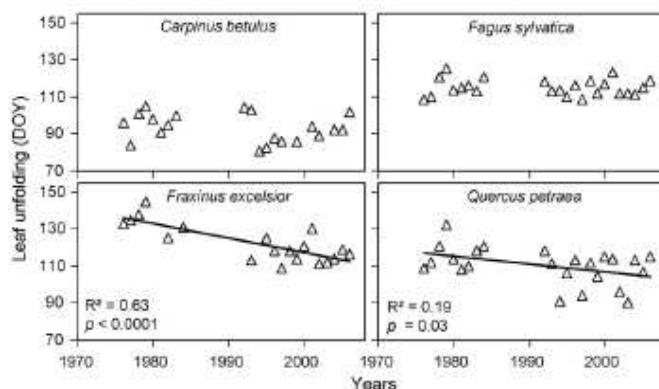
Aasa u.c. (2004) analizējot datus no Eiropas fitofenoloģisko jeb augu novērojumu datus bāzes, konstatējuši, ka fenoloģiskais pavasaris R un C-Eiropā 1951.-1998. gada periodā sācies līdz pat 4 nedēļām agrāk, A-eiropā izmaiņas ir līdz 2 nedēļām, protams, ar lielām reģionālām atšķirībām. Izmaiņas R un C Eiropā tiek pamatotas ar silto Atlantisko gaisa masu ietekmi, kā arī NAO.

Badeck et al (2004) (pēc Linderholm, 2006) uzsver, ka fenoloģisko fāžu iestāšanās laiku izmaiņu lielumu ietekmē vietas ģeogrāfiskais stāvoklis respektīvi pastāv izmaiņas pa reģioniem, kā arī katra augu/koku suga uz vides apstākļu maiņām reaģē dažādi, fenoloģisko izmaiņu lielums jāvērtē arī pēc fenoloģiskās fāzes (agrā pavasara fāzes mainījušās vairāk nekā rudens fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks).

1.11. attēlā redzamas piemērs no Francijas, *Fontainebleau* mežos veiktajiem novērojumiem. Periodā no 1976.-2006. gadam lapu plaukšanas sākuma trends parastajam skabārdim *Carpinus betulus* un parastajam dižskabārdim *Fagus sylvatica* ir neitrāls, nav mainījies, savukārt ozolam un osim lapas sāk plaukt attiecīgi 0.42 un 0.72 dienas uz gadu agrāk.



Periodā no 1976. līdz 1984. ozola lapu plaukšanas sākums tika novērtots vidēji 26. aprīlī, savukārt periodā no 1992. līdz 2006.gadam 10 dienas agrāk, t.i., 16. aprīlī. Izmaiņas atkarīgas arī no reljefa, augstāk novietotajos punktos izmaiņas bija lielākas (Vitasee et al, 2009).



Uz X ass gads uz Y-ass diena no gada sākuma.

**11. attēls. Lapu plaukšanas sākuma trendi 4 koku sugām, Francijā *Fontainebleau* mežos (1976-2006 gads).**

### Fenoscandija

Fenoscandijā lielākoties augšanas sezonu pētījumi tiek veikti izmantojot satelītdatus līdz ar to datu rinda nav gara.

Uzskatāmi izmaiņas Fenoscandijā redzamas 12. attēlā. Projekta *Fenoloģija kā klimata pārmaiņu indikators* (*Phenology as an indicator of climate change effects* (PhenoClim)) ietvaros tiek veikta veģetācijas indeksa (*Normalized Difference Vegetation Index*) satelītattēlu detalizēta analīze.

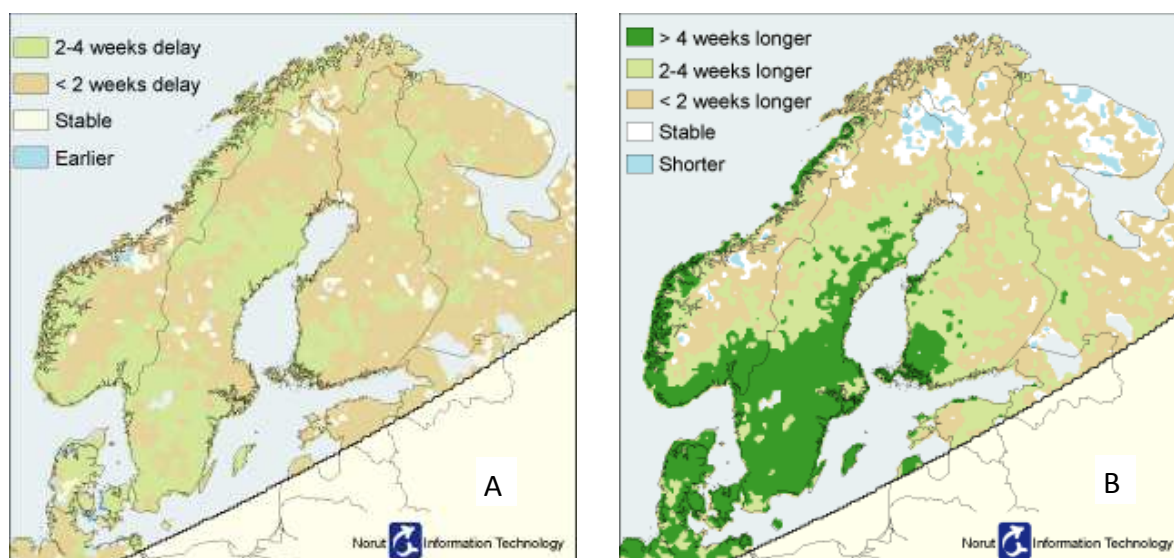
Dānijā, Zviedrijā (Smolandē, Skonē), Norvēģijas dienvidu un rietumu piekrastēs, kā arī Somijas dienvidrietumu piekrastēs fenoloģiskais pavasaris iestāties vairāk nekā 2 nedēļas agrāk, lielākajā daļā teritorijas līdz divām nedēļām agrāk, bet augstkalnu reģionos pavasara iestāšanās vai nu ir nemainīga vai arī vērojama vēlāk (1.12. att.).



**12.attēls. Fenoloģiskā pavasara sākuma izmaiņas periodā no 1982. līdz 1999 gadam Ziemeļeiropā**  
(<http://project.itek.norut.no/phenology>)

Lielākajā daļā teritorijas fenoloģiskais rudens vērojams 2 līdz 4 nedēļas vēlāk (1.13 A attēls), Norvēģijas un Somijas vidusdaļā, kā arī Lapzemē rudens iestājas līdz 2 nedēļām vēlāk. Daļā teritorijas izmaiņas netika fiksētas, savukārt Tronheimas apkārtnē, Norvēģijā rudens

iestājas agrāk. Veģetācijas perioda ilgums savukārt pagarinājies no 2 līdz pat vairāk nekā 4 nedēļām 1.13. B attēls).



1.13. attēls. Rudens sākuma (A) un veģetācijas perioda ilguma (B) izmaiņas periodā no 1982. līdz 1999.gadam Ziemeļeiropā  
(<http://project.itek.norut.no/phenology>)

Karlsen et al. (2008) pētījumā minēts, ka periodā no 1982.-2002.gadam ekstremālākas agrākās vērtības novērotas 1990. gadā, savukārt 1985. gads ir bijis vēlāis gads (amplitūda 1 mēnesis, pie tam piekrastes stacijās izmaiņas ir lielākas, starpība starp agrāko un vēlāko iestāšanās laiku ir 39 dienas).

Somijā *Betula pubescens* pumpurošanās laiks periodā no 1997. līdz 2006. gadam mainījies 0.7dienas agrāk uz katru gadu D daļā un -1.4 dienām/gadā Z un vidus-, Somijā, līdz ar to samazinot reģionālās izmaiņas no 3 uz 2 nedēļām, līdz ar to pumpurošanās D un vidusomijā iestājas vienā laikā. Rudens fāzēm izmaiņas netika konstatētas. Augšanas sezonas ilgums bērzam pagarinājies par 1.6 dienām vidusSomijā un 1.2 dienām Z Somijā (Pudas et.al, 2008).

Savukārt Kolas pussalā veiktie pētījumi, atsevišķās vietās uzrāda citur Eiropā novērotajiem, pretējas tendences: *Betula pubescens* pumpurošanās, kā arī lapu dzeltēšana iestājusies agrāk, augšanas periods ir saīsinājies (Shutova et.al, 2006), kas iespējams ir saistīts ar sniega segas izmaiņām (pozitīva NAO ietekmē kalnu rajonos Z pastiprināti veidojas sniega sega, kas var aizkavēt augu attīstības sākšanos pavasarī).

Arī Kozlov un Berlina (2002) publikācijā minēts, ka Z Krievijā taigā augšanas sezona ir saīsinājusies, jo pavasaris ir vēlāk un rudens agrāk.

Satelītdatau analīze (Hogda et al, 2001 pēc Linderholm 2006) periodā no 1981.-1998. apliecina iepriekšminēto: Kolas pussalā un Fenoskandijas Z boreālajā zonā, kā arī kalnu apgabalos, pavasara fāzes iestājušās vēlāk nekā vidēji, pie tam no piekrastes tālākajos rajonos pozitīvās jeb vēlās fāzes bija izteiktākas. Rudens iestājas vēlāk nekā vidēji visā novērotajā teritorijā.

#### Baltijas valstis

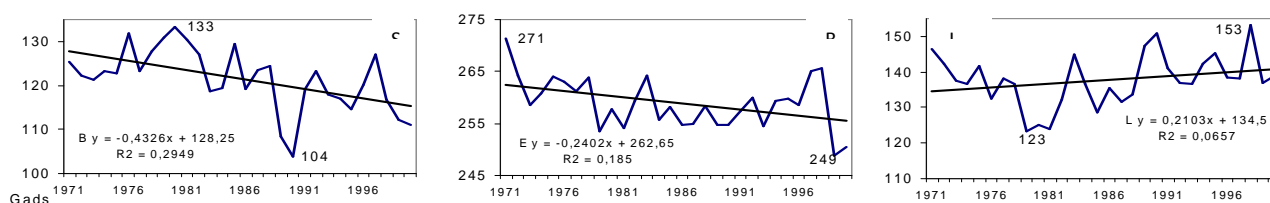
No Baltijas valstīm detalizētāki fenoloģisko novērojumu pētījumi ir veikti Igaunijā (Ahas, 1999) un tie liecina, ka pēdējo 80 gadu laikā pavasaris iestājās par 8 dienām agrāk, sevišķi lielas izmaiņas fiksētas tieši pēdējos 40 gados. Ziedēšana sākusies par 4 – 14 dienām agrāk, t.i., 0.5 – 1.7 dienas uz desmitgadi: baltā vizbulīte uzziedējusi *Anemone nemerosa* 2 nedēļas agrāk, parastā ieva *Padus racemosa* – 4 dienas; ābeles – 3 dienas, bet ceriņi *Syringa vulgaris* – 9 dienas

agrāk. Piekrastes teritorijās izmaiņas ir lielākas, kas skaidrojams ar temperatūras režīmu un ledus segu jūrā (Ahas, 1999).

Fenoloģiskais pavasaris Lietuvā sākas 8 – 16 dienas agrāk, savukārt fenoloģiskās vasaras sākums laika periodā no 1961. – 2000. mainījies tikai 1 dienas intervālā (Romanovskaja, 2004). Piemēram, parastās lazdas *Coryllus avellana* ziedēšanas laika periodā no 1978. līdz 2003. gadam Lietuvā ir mainījusies 16 dienu intervālā, parastās kļavas *Acer platanoides* dzeltēšanas arī iestājas agrāk. Līdzīgas tendences fiksētas arī Latvijā.

Latvijas fenoloģisko datu analīze rāda līdzīgas tendences kā citur Eiropā, fenoloģiskajam pavasarim un vasarai ir tendence sākties agrāk. Pretstatā Eiropā novērotajām tendencēm arī fenoloģiskais rudens Latvijas, kā arī Lietuvas teritorijā atsevišķās novērojumu vietās iestājas agrāk vai arī izmaiņu trends ir neitrāls, t.i, nav mainījies (Kalvāne, et al, 2009).

1.14.attēlā redzamas augšanas sezonas izmaiņas āra bērza *Betula pendula* piemērā Latvijā un Lietuvā (izmantoti 10 novērojumu punktu dati).



Uz y ass – diena no gada sākuma; izmantoti 10 novērojumu punktu vidējie dati

#### 1.14.attēls. Augšanas sezonas sākuma (S), beigu (B) un ilguma (L) izmaiņas āra bērza *Betula pendula* piemērā. 1971.-2000. gadā Latvijā un Lietuvā

Augšanas sezonas vidējais ilgums jeb garums, kā periods starp lapu plaukšanu un lapu dzeltēšanu āra bērzam periodā vidēji mainījies 7 dienu intervālā, galvenokārt uz pavasara fāžu agrāku iestāšanos.

#### Ietekmējošie faktori

Fenoloģisko fāžu (augšanas sezonas) iestāšanās laikus, raksturu ietekmē daudzu faktoru kopums, sākot ar globāla mēroga (siltuma bilance, biogeoķīmiskie cikli) un beidzot ar lokāla (ekspozīcija, zemes seguma veids) mēroga faktoriem.

Fenoloģiskās fāzes ir saistītas ar tādiem meteoroloģiskajiem apstākļiem kā temperatūra, gaisma, fotoperiods, mitrums, nokrišņu daudzums, vējš; no edafiskajiem faktoriem svarīga topogrāfija, nogāzes slīpums, ekspozīcija; augsnes, no biotiskajiem – kaitēkļi, slimības, konkurence.

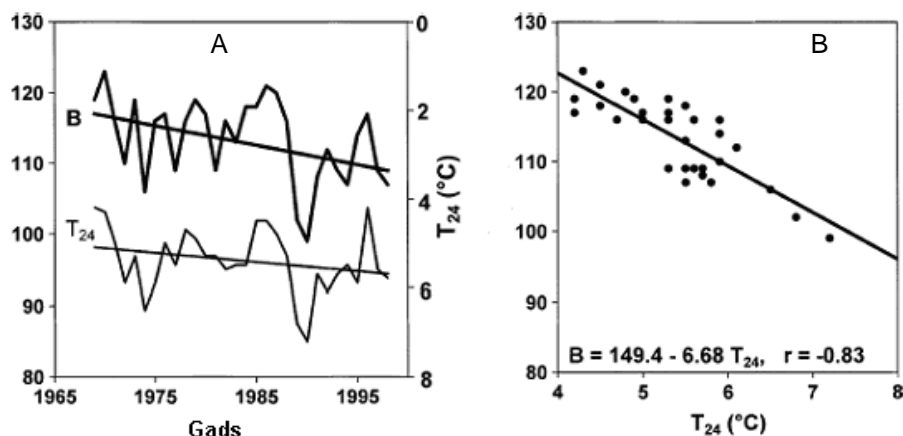
Zinātniskajos pētījumos visvairāk pētītais, analizētais faktors ir **gaisa temperatūras** izmaiņas. Paaugstinoties gaisa temperatūrai, izmainās augšanas sezonas iestāšanās laiks (Heikinheimo and Lappalainen, 1997; Ahas et al., 2000; Sparks and Jeffree, 2000; Chmielewski and Rotzer, 2001; Defila and Clot, 2001; Menzel, 2003).

Piemēram, Karlsen u.c. (2008) pētījumi rāda, ka paaugstinoties gaisa temperatūrai par 1°C, augšanas sezonas sākums Fenoskandijā vidēji iestājas 5-6 dienas agrāk; pie tam piekrastes teritorijās temperatūras ietekme ir lielāka, līdz pat 7-9 dienām.

Karlsson u.c. (2003) aprēķinājuši, ka temperatūras pieaugums par 1°C, paātrina bērza pumpurošanos par 3-8 dienām (Z Fenoskandijā), Shutova u.c. (2006) ZR Krievijā Kolas pussalā veiktajos pētījumos konstatēts, ka bērzi pumpurojas 4.6-5.5 dienas agrāk zemienēs un līdz pat 7.6 dienas agrāk augstienēs.

Pieaugot maija temperatūrai par 1°C, bērza *Betula pubescens* pumpurošanās sākas 2.3 dienas agrāk Somijas D, līdz pat 5.1 dienu agrāk Somijas Z boreālajā apgabalā (Pudas et al, 2008).

F. Čmelevski un T. Rotzers (Chmielewski and Rotzer, 2001) korelēnot mēneša vidējās gaisa temperatūras ar augšanas perioda sākumu Eiropas fenoloģiskajos dārzos, atraduši, ka februāra – aprīļa vidējā gaisa temperatūras un augšanas sezonas korelācijas koeficients ir – 0.83, un pēc autoru domām, temperatūra ir izšķirošais faktors fāzu raksturā (1.15. A un B attēls). Arī ekstremālajos gados, piemēram, vēlajā 1970. gadā, agrajos 1989. un 1990. gadā kopsakarības starp gaisa temperatūru un fenoloģisko fāzu iestāšanās laiku bijušas ciešas.



uz vertikālās ass – diena no gada sākuma

**1.15. attēls. (A) Februāra – aprīļa temperatūras ( $T_{24}$ ) un augšanas sezonas sākuma (B) trends Eiropā un B korelācijas koeficients starp  $T_{24}$  un B, 1969.–1998. gads (Chmielewski and Rotzer, 2001);**

Klimata mainības modeļi paredz vislielākās izmaiņas lielajos platuma grādos (Cubasch et al, 2001 pēc Beck et al.,2005), IPCC ziņojumā minēts, ka tieši ziemeļu ekosistēmas tiks ietekmētas visvairāk (IPCC, 2007), jo daudzām augu sugām Fenoskandija ir galējā izplatības areāla robeža (Karlsen et.al, 2008). Veicot satelītattēlu analīzi, (Myneni et al, 1997 pēc Linderholm, 2006), konstatēts, ka vislielākās augšanas sezonas ilguma izmaiņas ir starp 45-70° Z platumu.

Tiek prognozēts, ka pavasara gaisa temperatūra Fenoskandijā pieaugs par 2-4°C (Mearns et al., 2001, ACIA 2004 pēc Beck et al.,2005), pie tam lielāks pieaugums tiek prognozēts Z kontinentālākajās daļās (Hanssen-Bauer et.al 2003 pēc Beck et al.,2005). Balstoties uz prognozēm, Karlsson u.c. (2003), saka, ka pavasaris 21. gs. varētu sākties 14-36 dienas agrāk Fenoskandijas piekrastes daļās un 10-20 dienas agrāk no piekrastes tālākajos rajonos. Vislielākās izmaiņas tiek prognozētas piekrastes rajonos.

Pēc Kirschbaum u.c. (1996) atzinuma, boreālo mežu platības samazināsies, jo to D robeža atkāpsies par 150 līdz pat 550 km (pēc Beck et al.,2005).

Augšanas sezonas ilguma izmaiņas ietekmēs sugu savsarpējās attiecības, ekoloģiskos procesus, sugu izplatību, mainīs fitoģeogrāfisko zonējumu utml. (Suzuki and Kudo 1997; Walker et al.1995 pēc Pudas et.al, 2008), salnas var būtiski traucēt augu tālāko attīstību, jo pumpurošanās notiek agrāk.

Fenoloģiskās izmaiņas labi norāda uz klimata mainības tendencēm, ir bioloģiskie indikatori apkārtējās vides izmaiņām (Menzel et al. 2006; Menzel 2002; Badec et.al. 2005), Pēc bioklimatalogu atzinumiem, fenoloģisko novērojumu analīze, iespējams, ir „vienkāršākais un lētākais veids kā pierādīt un pamatot klimata izmaiņas” (Koch, et. al, 2006) un var tikt izmantoti nākotnes projekciju veidošanā (Häkkinen,1999 pēc Pudas et al. 2008; Menzel 2002; Schwartz, 1999 pēc Linderholm 2006).

Augšanas sezonas iestāšanās laiks galvenokārt atkarīgs un cieši korelē ar gaisa temperatūras izmaiņām, savukārt augšanas sezonas beigu iestāšanās ietekmē citi faktori vai

faktoru kopums (fotoperiods, mitruma apstākļi, ekstremālās gaisa temperatūras, jūras ietekme u.c.), kas viennozīmīgi nav noskaidroti (Menzel 2002, Chmielewski and Rötzer, 2001, Koski 1990 pēc Pudas et.al 2008; Walter et.al, 2002 pēc Linderholm 2006).

## 4. KALME METODIKA UN GALVENIE REZULTĀTI

Valsts pētījumu programmas KALME ietvaros tika izveidota metodika nākotnes klimata projekciju izveidei Latvijas teritorijai klimata parametru datu rindu formā, LU (2009). KALME programmas rezultāti šai jomā kā arī pieeju atšķirības starp KALME un šo projektu prezentāti 20-Mai-2010 apspriedē A/S „Latvijas Valsts Meži”.

Īsumā KALME metodiku klimata parametru datu rindu ieguvē var raksturot sekojoši:

- a. Starpvalstu klimata mainības panelis nosaka nākotnes klimata mainības galvenā faktora - siltumnīcas efektu izraisīto gāzu koncentrāciju atmosfērā – sagaidāmo attīstību laikā. Šai attīstībai iespējami vairāki scenāriji, ko nosaka ekonomikas attīstība un reģionalizācija, piemēram IPCC (2001).
- b. Balstoties uz IPCC klimata mainības scenārijiem, virkne vadošo meteoroloģisko institūtu (Deutsches Wetterdienst, UK MetOffice, MétéoFrance utt.) veic pasaules atmosfēras ilgtermiņa aprēķinus ar globālās cirkulācijas modeļiem (GCM). GCM modeļu telpiskā izšķirtspēja ir vairāki simti km, tie aplūko laika periodus 1961-1990 (mūsdienu klimats) un 2071-2100 (nākotnes klimats), klimata maiņas scenārijus B2 un A2.
- c. GCM aprēķini tiek izmantoti kā robežnosacījumi reģionālo (mūsu gadījumā Eiropas) klimata modeļu (RKM) aprēķiniem, ar būtiski augstāku (50 km) izšķirtspēju. RKM modeļaprēķinus veic daudzas meteoāģentūras Eiropā, to apkopojumu un publisko pieejamību nodrošina ES projekts PRUDENCE, Christensen et al (2007).
- d. KALME ietvaros tika izmantoti PRUDENCE modeļaprēķini un Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra novērojumi, sasniedzot šādus rezultātus Senņikovs & Bethers (2009)
  - (1) novērtēta RKM veiktspēju Latvijas mūsdienu klimata (1961-1990) atspoguļojumā;
  - (2) ranžēti RKM pēc to veiktspējas;
  - (3) izstrādāta metodika RKM modeļaprēķinu sistemātisko kļūdu korekcijai;
  - (4) sagatavotas klimata parametru – diennakts vidējā temperatūra, diennakts nokrišņu summa, diennakts vidējais relatīvais gaisa mitrums – datu rindas Latvijas teritorijai ar RKM režģim atbilstošu telpisko izšķirtspēju, 1 dienas laika izšķirtspēju, laika periodiem 1961-1990 (mūsdienu klimats) un 2071-2100 (klimata mainības scenāriji B2 un A2).

Laika periodā pēc KALME pētījumu (kuri šai jomā tika veikti 2007-2008. gg.) pabeigšanas ir parādījušies virkne jaunu apstākļu, modeļaprēķinu utt., kas ļauj šajā atskaitē pilnveidot KALME izstrādāto metodiku:

- a. IPCC ir apkopojis un izdevis nākošo ziņojumu par klimata pārmaiņām IPCC (2007).
- b. GCM modeļaprēķini pamatā tiek veikti nevis B2 un A2 scenārijiem, bet klimata maiņas scenārijam A1B. Aplūkojamie laika periodi papildus 1961-1990 un 2071-2100 ietver arī 2021-2050 (tuvo nākotni) vai pat nepārtrauktu laika periodu 1951-2100.

- c. RKM skaits ir pieaudzis un to aprēķinu pieeja (scenāriji, laika periodi) seko GCM tendencēm. ES projekts ENSEMBLES (sk. literatūras atsauci) ir nodrošinājis publisku pieeju jaunam RKM modeļaprēķinu blokam.
- d. Tiek izstrādātas jaunas pieejas RKM rezultātu interpretācijā, piemēram Hewitt & Griggs (2004)
  - (1) netiek veikta modeļu veiktspējas analīze, bet pieņemts, ka modeļaprēķinu atšķirības raksturo nākotnes klimata projekciju nenoteiktību;
  - (2) deterministisku nākotnes klimata datu rindu vieta tiek analizētas modaļansambļa locekļu sniegto klimata parametru projekciju varbūtības.

2.1. tabula

**Atšķirības starp KALME programmu un projektu.**

PARAMETRS	KALME	Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām
Datu avots	PRUDENCE	ENSEMBLES
IPCC scenārijs	B2, A2	A1B
Pamatdati	Tvid, p, r	Tvid, Tmin, Tmax, p, r, vēja ātrums, vēja brāzmas, evapotranspirācija
Laika periodi	1961-1990, 2071-2100	1961-1990, 2021-2050, 2071-2100, 1951-2100
Datu reprezentācija	Deterministiska, atbilstoši scenārijiem	Datu rindas ietver nenoteiktību, ko nosaka modeļu ansamblis. Datu un indikatoru ansamblis.

Atšķirības KALME programmas un šī projekta pieejā datu apstrādei sniegtas 2.1. tabulā. Atšķirības ietver datu – RKM modeļaprēķinu rezultātu – avotu, šim avotam izmantoto IPCC scenāriju. Būtiski paplašināta aplūkojamo klimata parametru nomenklatūra un aplūkojamie laika intervāli. Deterministisku datu rindu vietā tiek izmantots datu rindu ansamblis, kuram lietota varbūtību analīze.



## 5. KLIMATA ANALĪZĒ IZMANTOTIE DATI UN METODIKA

Šajā darbā kvantitatīvs Latvijas nākotnes klimata raksturojums izdarīts, balstoties uz ENSEMBLE (sk. literatūras sarakstu) projekta ietvaros iegūtiem nākotnes klimata modelēšanas aprēķiniem, kas pieejami publiski <http://www.ensemblesrt3.dmi.dk>.

Darba gaitā ir analizēti šādi parametri (sk. tabulu 2.2): vidējā ( $T_{vid}$ ), minimālā ( $T_{min}$ ) un maksimālā ( $T_{max}$ ) diennakts temperatūra, vidējais diennakts nokrišņu daudzums ( $P_{vid}$ ), relatīvais mitrums ( $H_{vid}$ ), vēja ātrums ( $W_{10m}$ ), vējš brāzmās ( $W_{gust}$ ) un no tiem atvasināti parametri - potenciālā evapotranspirācija ( $P_{evt}$ ) un starpība starp mēneša vidējo diennakts maksimālo un minimālo temperatūru (DT).

Parametriem, kuriem pieejamas LVĢMC novērojumu datu rindas periodā no 1961-1990. gadam, veikta modeļaprēķinu datu transformācija (t.i. sistemātisko kļūdu korekcija) pēc metodikas Senņikovs & Bethers (2009), tālāk analizējot tikai transformētās (nevis sākotnējās) modeļaprēķinu datu rindas.

2.2. tabula

**Atskaitē iekļautie klimatiskie parametri, to datu rindu avoti un ar tiem veiktās darbības**

Parametrs	Avots	Transformācija	Salīdzināšana ar novērojumiem
$T_{vid}$ , (°C)	ENSEMBLE	X	X
$T_{max}$ , (°C)		X	X
$T_{min}$ , (°C)		X	X
$P_{vid}$ , (mm/dienn.)		X	X
$H_{vid}$ , (%)		X	X
$W_{10m}$ , (m/s)		X	X
$P_{evt}$ , (mm/dienn.)	FAO metodika	daļēji	
DT (°C)	ENSEMBLE	X	*
$W_{gust}$ , (m/s)		**	

\* salīdzinātas tiek diennakts maksimālās un minimālās temperatūru datu rindas, no kurām parametrs iegūts

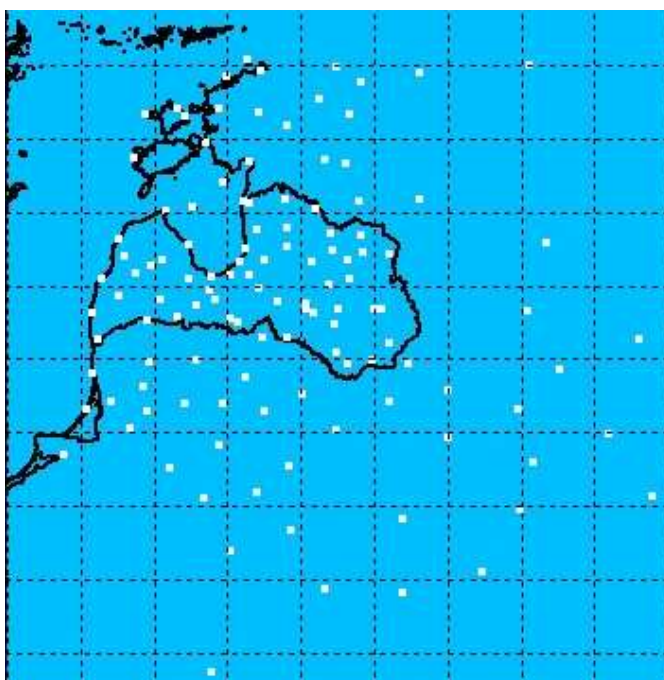
\*\* vēja brāzmu novērojumu datu rindas nav Izpildītāju rīcībā; transformācija veikta, modeļaprēķinu datu rindas reizinot ar koeficientu, kas katrā dienā ir atšķirīgs un vienāds ar transformētās un sākotnējās vidējā vēja ātruma attiecību

Modeļaprēķinu korekcijai izmantots novērojumu un modeļaprēķinu datu salīdzinājums 121 stacijā (att. 1). Koriģētie modeļaprēķinu rezultāti šajās stacijās izmantoti klimata parametru sadalījuma attēlojumiem. Konkrētā situācijā interesējamies tikai par sauszemes teritoriju, tāpēc rezultāti stacijās, kas atrodas Baltijas jūras salās, netiek izmantoti.

Kopumā datu analīzē izmantots modeļu ansamblis, kas ietver līdz 20 modeļaprēķiniem - globālo un reģionālo klimata modeļu kombinācijas – ar 25 vai 50 km telpisko izšķirtspēju. Modeļaprēķinu skaits, kas izmantots, analizējot katra klimatiskā parametra nākotnes projekcijas, atšķirīgiem parametriem var būt dažāds, jo ne visām no globālo un reģionālo klimata modeļu kombinācijām visi minētie parametri ir pieejami. Izmantotā modeļu ansambļa kopsavilkums sniegts 3. tabulā. Visi modeļaprēķini atbilst IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) klimata mainības scenārijam A1B.

Apskatīti šādi laika periodi:

- kontroles periods (references klimats) 1961-1990;
- tuvā nākotne 2021-2050;
- tālā nākotne 2071-2100.



**2.1. attēls. Stacijas, kuru novērojumi izmantoti modeļaprēķinu transformācijai un kuru modeļaprēķinu rezultātu datu rindas izmantotas karšu attēlojumā.**

2.3. tabula

**Dažādu parametru datu rindu analīzē izmantotie modeļaprēķinu varianti**

Institūts *	RKM	GCM	T	p	h	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	W	Wg	Pev
DMI	HIRHAM	ARPEGE	x	x	x	x	x	x		
DMI	DMI-HIRHAM5	ECHAM5-r3	x	x	x	x	x	x		
ETHZ	CLM	HadCM3Q0	x	x	x	x	x	x	x	x
HC	HadRM3Q16 (high sensitivity)	HadCM3Q16	x	x	x	x	x	x		x

KNMI	RACMO	ECHAM5-r3	x	x	x	x	x	x	x	x	x
METNO	HIRHAM	HadCM3Q0	x	x	x	x	x	x			
MPI	REMO	ECHAM5-r3	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SMHI	RCA	BCM	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SMHI	RCA	ECHAM5-r3	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SMHI	RCA	HadCM3Q3	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C4I	RCA3	HadCM3Q16	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ICTP	RegCM	ECHAM5-r3	x	x	x	x	x	x			
METNO	HIRHAM	BCM	x	x	x	x	x	x			
HC	HadRM3Q0	HadCM3Q0	x	x	x	x	x	x			
CNRM	Aladin	ARPEGE_RM 5.1 ens.mb to 2100	x	x	x	x	x	x			
UCLM	PROMES	HadCM3Q0	x		x	x	x	x			
HC	HadRM3Q3 (low sens.)	HadCM3Q3	x	x	x	x	x	x			
VMGO	RRCM	HadCM3Q0	x	x	x	x	x	x			
GKSS	CLM	IPSL	x	x							
CNRM	Aladin	ARPEGE	x	x	x	x	x	x			
KNMI	RACMO	ECHAM5-r3	x	x	x	x	x	x	x		
KNMI	RACMO	MIROC	x	x		x	x	x			
Modeļaprēķinu skaits, kas izmantoti tuvās nākotnes scenārijā			<b>22</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	
Modeļaprēķinu skaits, kas izmantoti tālās nākotnes scenārijā			<b>16</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	

Ar „x” apzīmēti modeļaprēķinu varianti, kas tiek izmantoti katra parametra vērtību analīzē.



Netiek izmantots tālās nākotnes scenārijā

\* [Danish Meteorological Institute \(DMI\)](#), [The Royal Netherlands Meteorological Institute \(KNMI\)](#), [Swedish Meteorological and Hydrological Institute \(SMHI\)](#), [UK Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research \(HC\)](#), [Météo-France \(CNRM\)](#), [Max-Planck-Institute for Meteorology \(MPI\)](#), [Swiss Institute of Technology \(ETHZ\)](#), [GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH \(GKSS\)](#), [The Abdus Salam Intl. Centre for Theoretical Physics \(ICTP\)](#), [The Norwegian Meteorological Institute \(METNO\)](#), [Universidad de Castilla La Mancha \(UCLM\)](#), [C4I](#), [Voeikov Main Geophysical Observatory \(VMGO\)](#).

Klimatiskā situācija un tās izmaiņu projekcijas turpmākajās nodaļās ir raksturotas, izmantojot:

- mēnešu vidējo vērtību analīzi konkrētā novērojumu stacijā;
- mēnešu un/vai gadu vidējo vērtību analīzi, izmantojot rezultātu attēlojumu karšu formā;
- 30 gadu perioda mēnešu un/vai gada vidējo vērtību attīstības laikā analīzi;
- divu parametru mēneša vidējo vērtību saistības analīzi.

Izvēlēta statistiska pieeja no modeļaprēķiniem iegūto datu rindu interpretācijā, kuras rezultātā tiek izveidoti 3 klimata attīstību raksturojoši scenāriji – mēreno, vidējo un nozīmīgo izmaiņu

scenārijs. Raksturojot mērenu, vidēju un nozīmīgu klimatiskā parametra izmaiņu scenārijus, izmantoti visu pieejamo modeļaprēķinu rezultāti, skat. 2.2. tabulu.

*Mēreno izmaiņu scenārijs* paredz tādu vidējās mēneša/gada vērtības pieaugumu, par kuru lielāku pieaugumu paredz 83% no modeļaprēķiniem jeb modeļu ansambļa locekļiem (attiecīgi atlikušie 17% no modeļaprēķiniem paredz identisku vai mazāku pieaugumu).

*Vidēju izmaiņu scenārijs* paredz tādu vidējās mēneša/gada vērtības pieaugumu, par kuru lielāku pieaugumu paredz 50% no modeļaprēķiniem (attiecīgi atlikušie 50% no modeļaprēķiniem paredz identisku vai mazāku pieaugumu).

*Nozīmīgu izmaiņu scenārijs* paredz tādu mēneša/gada vidējās vērtības pieaugumu, par kuru lielāku pieaugumu paredz tikai 17% no modeļaprēķiniem (attiecīgi identisku vai mazāku pieaugumu paredz 83% no modeļaprēķiniem).

Mēneša vidējās parametru vērtības turpmākajās nodaļās attēlotas karšu formā 4 sezonas raksturojošos mēnešos – janvārī (ziema), aprīlī (pavasaris), jūlijā (vasara) un oktobrī (rudens). Kartes tiek sagatavotas no ar transformācijas metodi iegūtām datu rindām 121 stacijai A-Eiropas apgabalam, kas ietver arī Latvijas teritoriju kā parādīts att. 2.1.1. vidējam un nozīmīgam izmaiņu scenārijam.

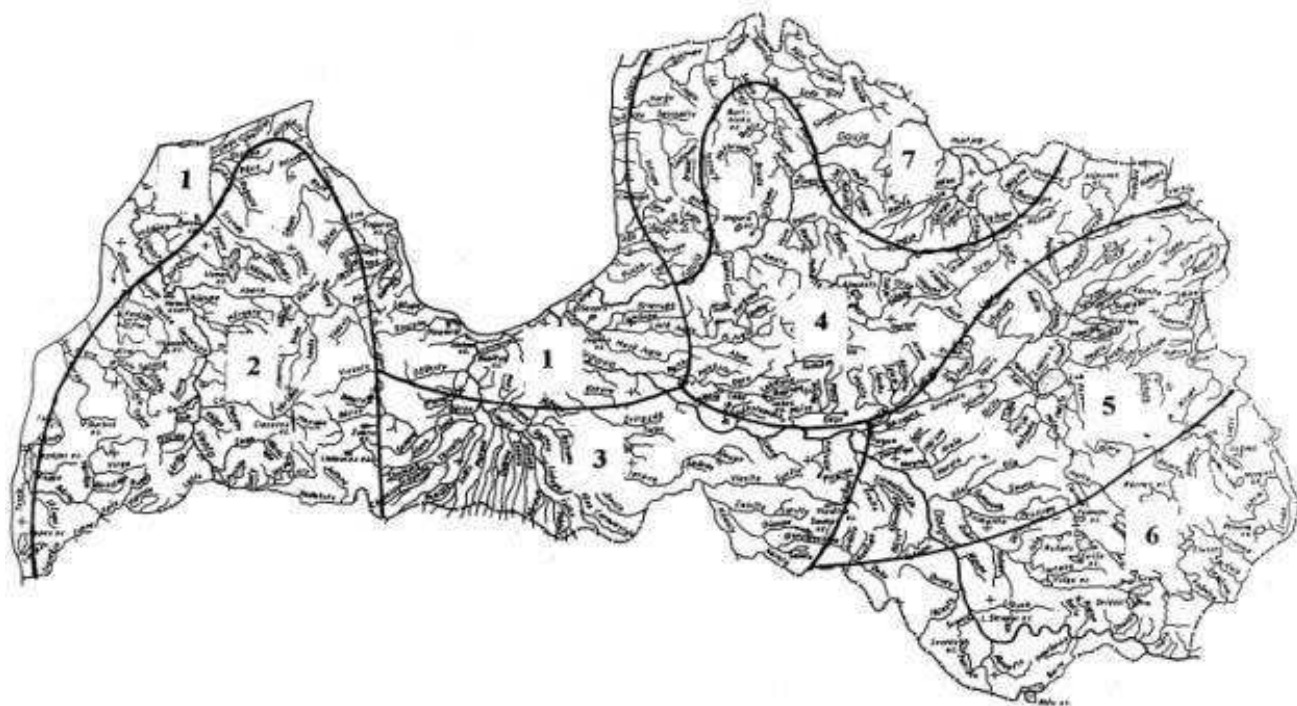
Gada vidējās parametru vērtību izmaiņas laikā visiem 3 izmaiņu scenārijiem tiek attēlotas septiņās izvēlētajās stacijās – Stende, Daugavpils, Bauska, Rūjiena, Zilāni, Zosēni, Pāvilosta (att. 2.3). Šīs stacijas papildus analīzei izvēlētas tā, lai būtu pārstāvētas vismaz viena stacija no katra no 7 Latvijas agroklimatiskajiem rajoniem – att. 2.2 (sk. literatūras atsauci uz LBN).

Divu parametru mēneša vidējo vērtību saistība attēlota tikai vidējo izmaiņu scenārijam. Attēlota saistība starp mēneša vidējo temperatūru un nokrišņu intensitāti, kā arī saistība starp mēneša vidējo temperatūru un vidējo starpību starp maksimālo un minimālo diennakts temperatūru gada griezumā.

Katram parametram, salīdzinot situāciju references un tuvās/tālās nākotnes periodos, references un nākotnes periodā izvēlēts sakrītošs modeļaprēķinu ansamblis (tie modeļaprēķini, kuriem tālās nākotnes aprēķini nav pieejami tālās nākotnes salīdzinājumā ar references periodu netiek izmantoti arī references periodā). Izvērtējot parametra vidējo vērtību attīstību laikā no 1961 līdz 2100. gadam, tiek izmantoti tie modeļaprēķinu rezultāti (modeļu ansambļa locekļi), kuri pieejami līdz 2100. gadam.

FAO metodika (sk. literatūras atsauci) potenciālās evapotranspirācijas aprēķinā izmanto atkarību no šādiem parametriem: diennakts maksimālās un minimālās temperatūras ( $^{\circ}\text{C}$ ) un relatīvā mitruma (%), vēja ātruma 2 m augstumā (m/s), Saules starojuma intensitātes ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), augsnes siltuma plūsmas ( $\text{W}/\text{m}^2$ ). Potenciālās evapotranspirācijas aprēķinā izmantotas transformētas minimālās un maksimālās temperatūras datu rindas. Saules starojuma intensitātes un minimālā maksimālā relatīvā mitruma vērtības aprēķinu vajadzībām iegūtas tiešā veidā no ENSEMBLE modeļaprēķinu rezultātiem. Tā kā novērojumu datu rindas par kontroles periodu šiem parametriem nav projekta izpildītāju rīcībā, tad šie parametri izmantoti no modeļaprēķiniem pieejamā veidā (bez transformācijas). Darba gaitā tika pārbaudīts, ka augsnes siltuma plūsmas ietekme uz potenciālās evapotranspirācijas vērtību ir nebūtiska, kā rezultātā siltuma plūsmas no augsnes datu rindas netiek izmantotas. Veikts vēja ātruma

pārrēķins no 10 m uz 2 m augstumu – kā to prasa FAO metodika potenciālās evapotranspirācijas aprēķinam.



2.2. attēls. Latvijas iedalījums agroklimatiskajos rajonos saskaņā ar Latvijas būvnormatīva LBN 224-05 10. pielikuma 1. kartogrammu: 1 – Piejūras zemiene; 2 – Kurzemes augstiene; 3 – Viduslatvijas zemiene; 4 – Vidzemes augstiene; 5 – Lubāna zemiene; 6 – Latgales augstiene; 7 – Ziemeļlatvijas zemiene.



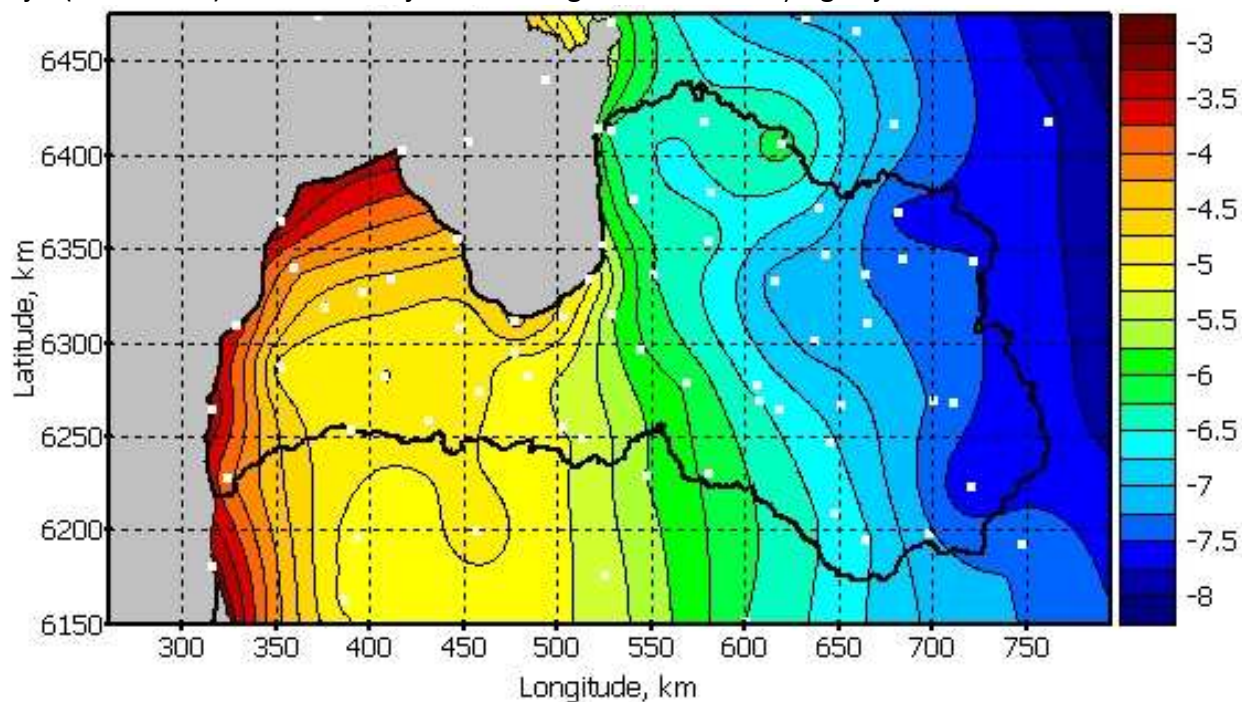
2.3. attēls. Klimatisko parametru analīzē izmantotās agroklimatiskajiem rajoniem atbilstošās meteoroloģisko novērojumu stacijas.



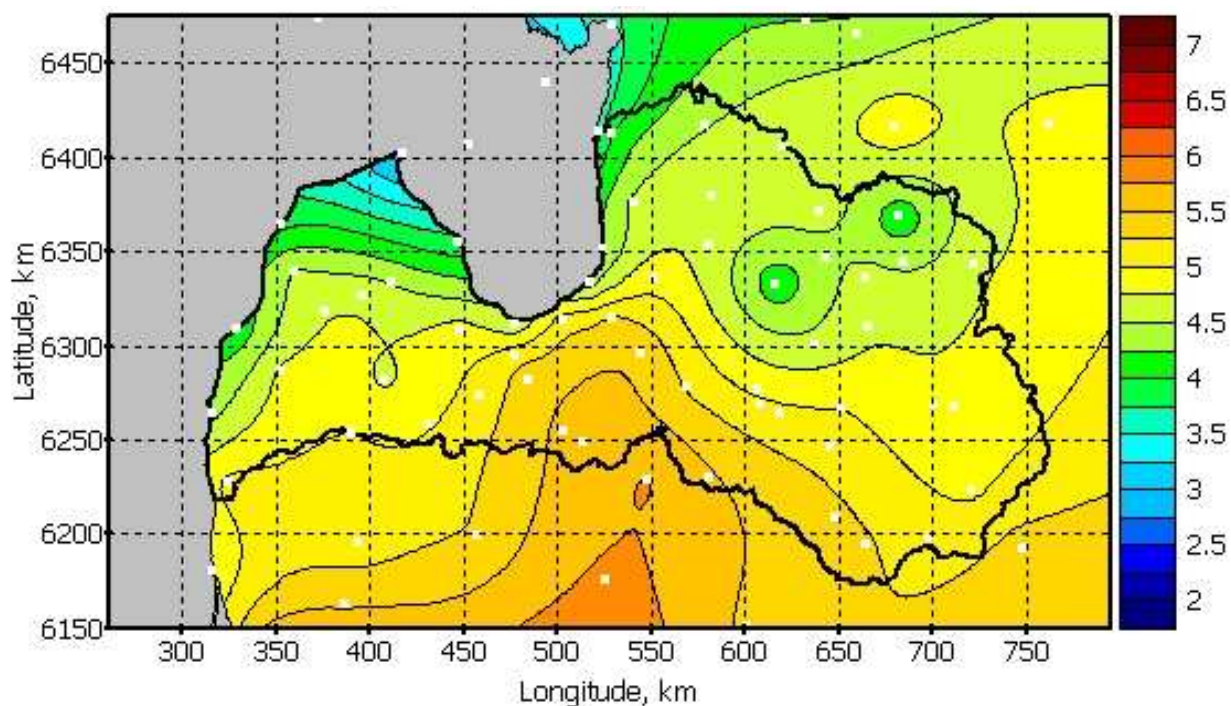
## 6. VIDĒJĀ TEMPERATŪRA

### 6.1 Vidējā temperatūras un tās izmaiņu sezonālitate

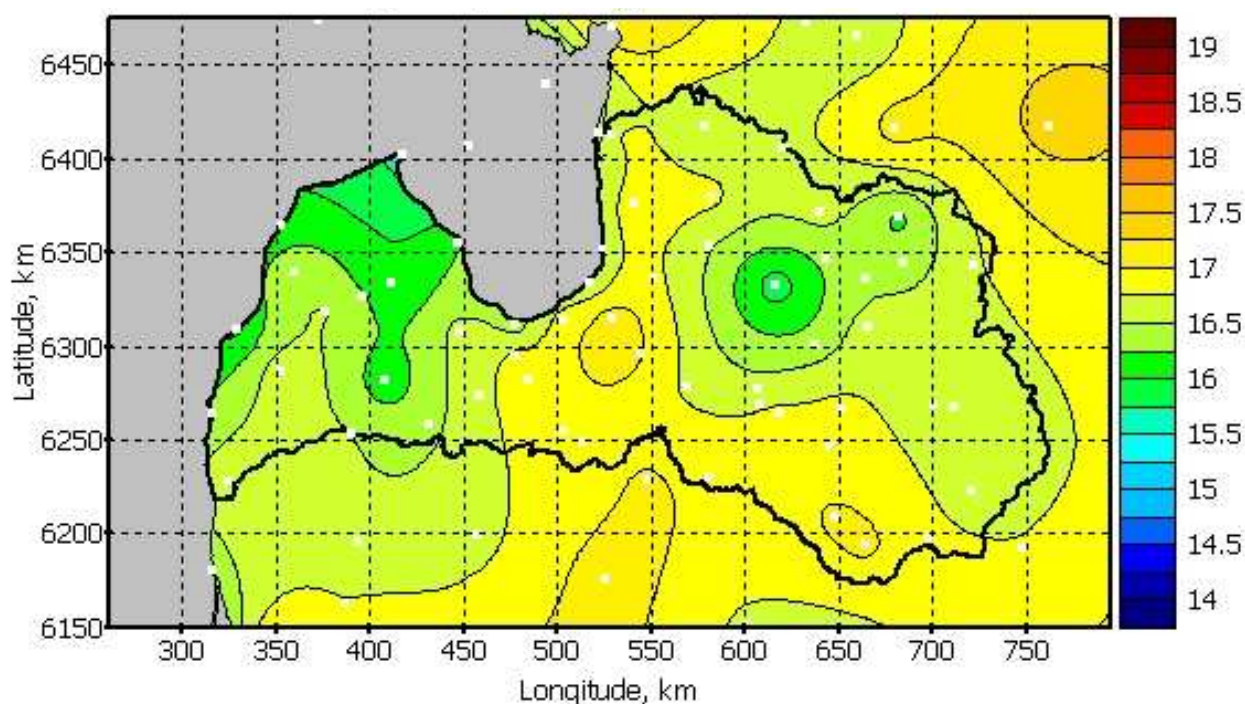
Att. 2.4 parādīts četrām sezonām atbilstošās vidējās gaisa temperatūras sadalījums mūsdienu klimatam (1961-1990), bet att. 2.5-2.6 – tās sagaidāmais pieaugums tuvajai (2021-2050) un tālajai (2071-2100) nākotnei vidēju un nozīmīgu klimata izmaiņu gadījumā.



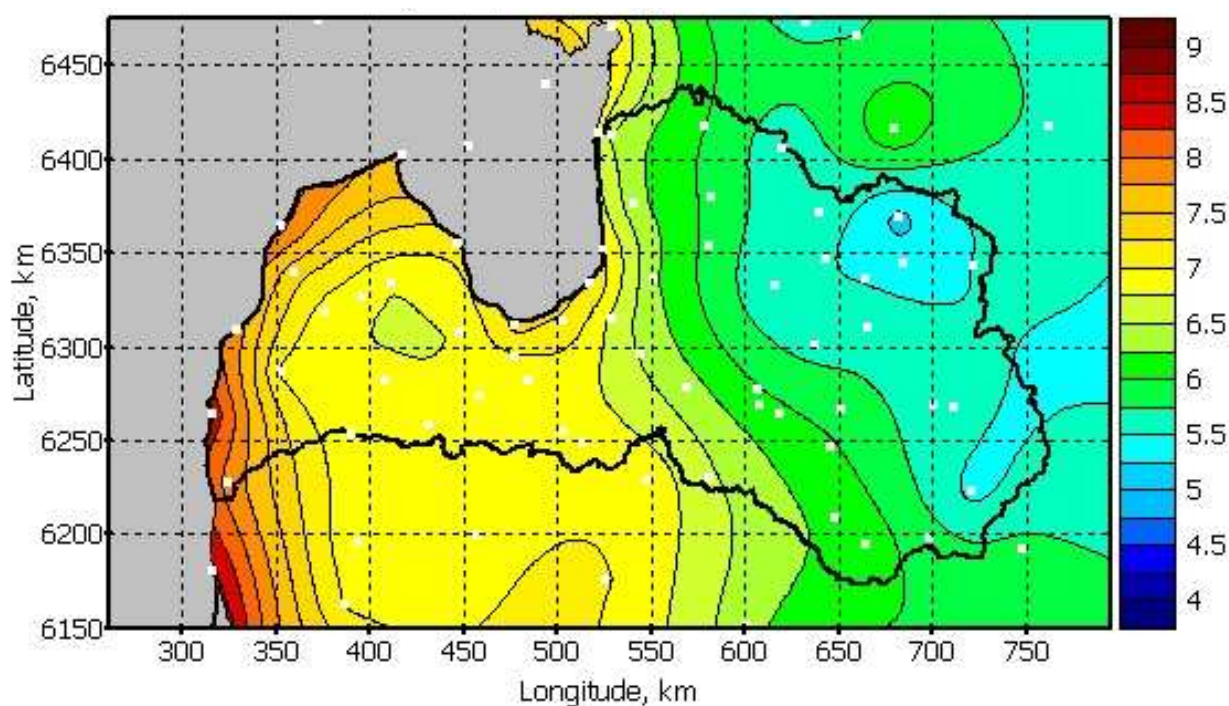
a) Janvāris



b) Aprīlis



c) Jūlijs

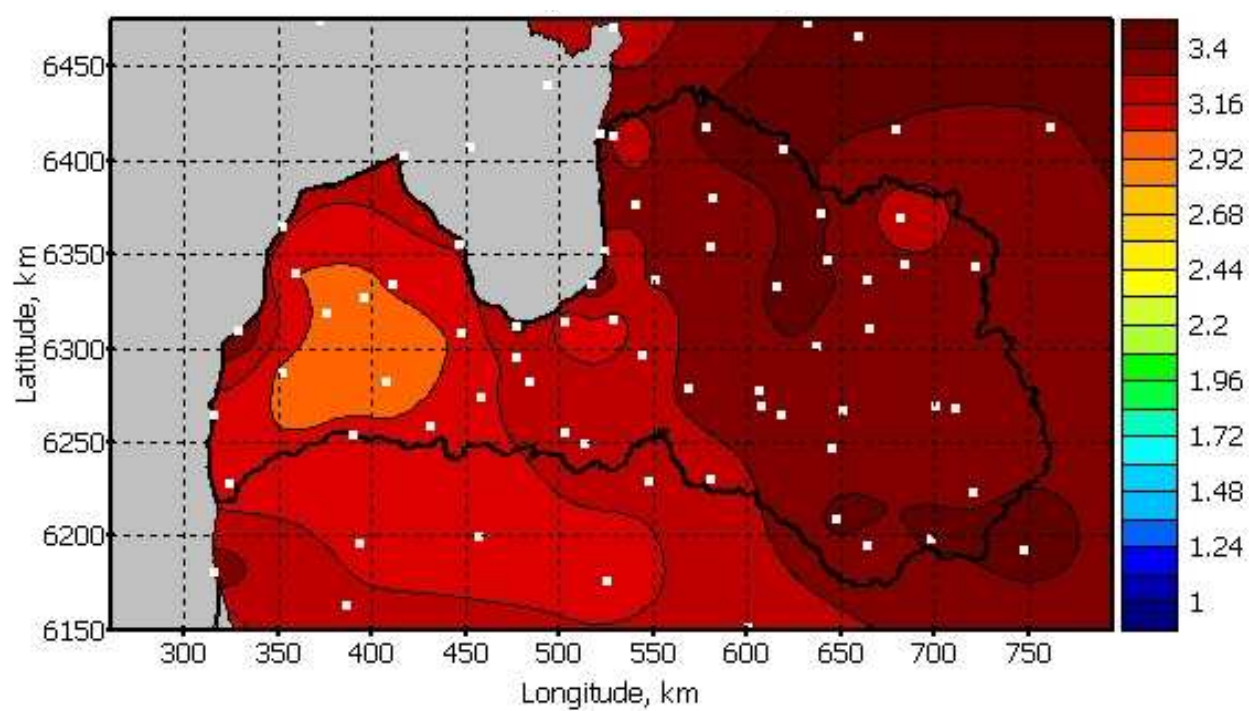
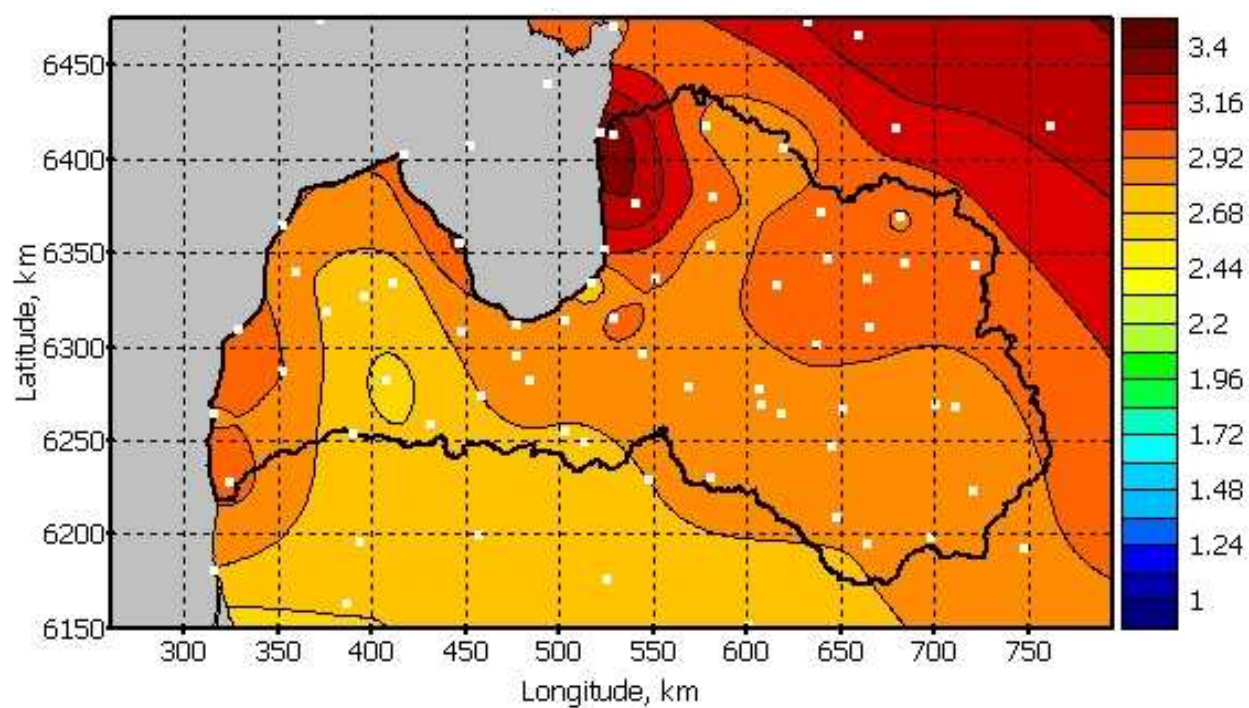


d) Oktobris

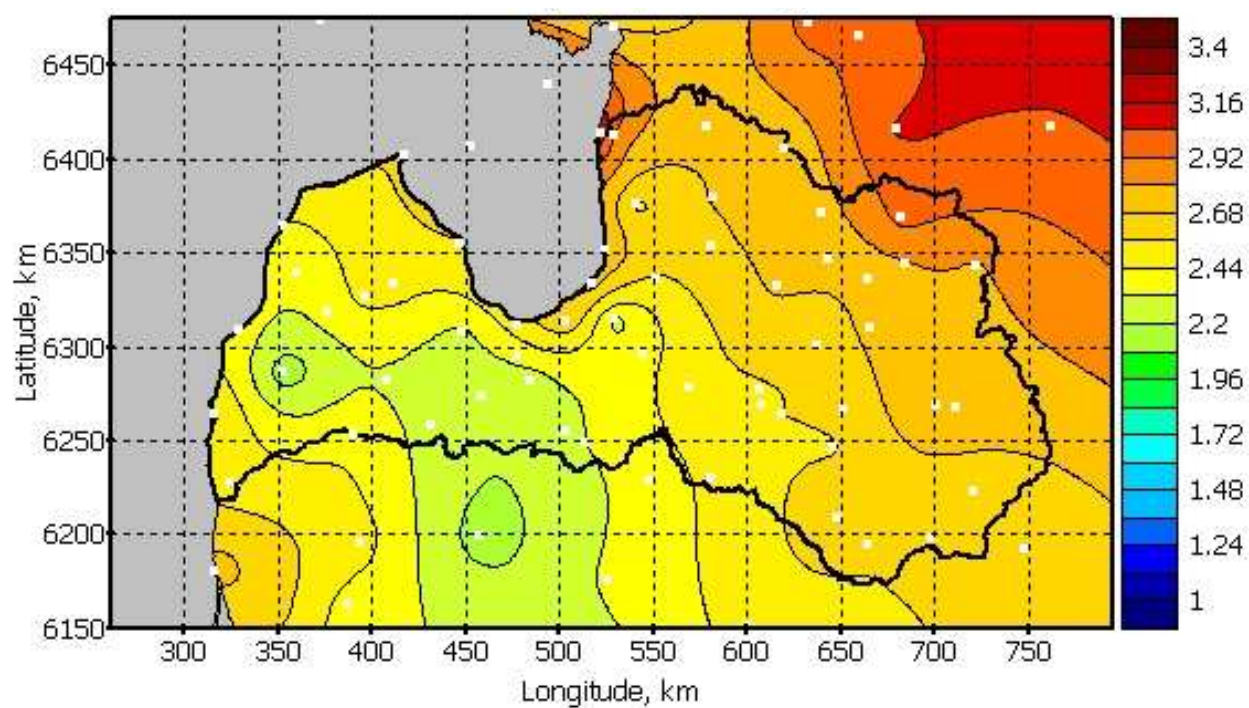
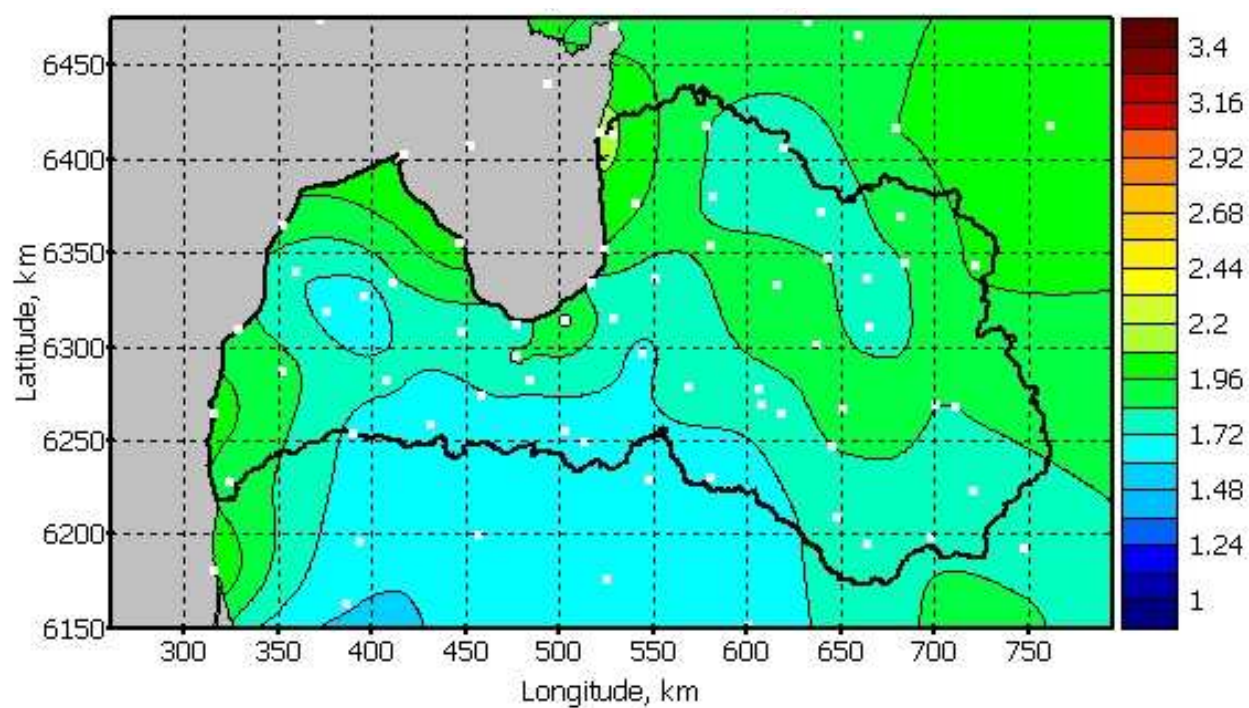
#### 2.4. attēls. Mēneša vidējā temperatūra °C dažādās sezonās references periodā 1961-1990.

References periodā vidējā temperatūra janvārī Latvijas teritorijā samazinās virzienā no R uz A no -3 °C Baltijas jūras piekrastē līdz -8 °C Latvijas A reģionā. Aprīļa mēnesī vēsāk ir jūras un Rīgas līča piekrastē (3.5-4.5 °C), bet siltāk Latvijas D daļā – līdz 6 °C. Jūlija mēnesī vidējā temperatūra Latvijā ir salīdzinoši viendabīga – no 15.5 – 17.5 °C. Oktobra mēnesī augstāka vidējā temperatūra ir Baltijas jūras piekrastē – līdz 8.5 °C, zemāka ZA Latvijā – 5 °C.



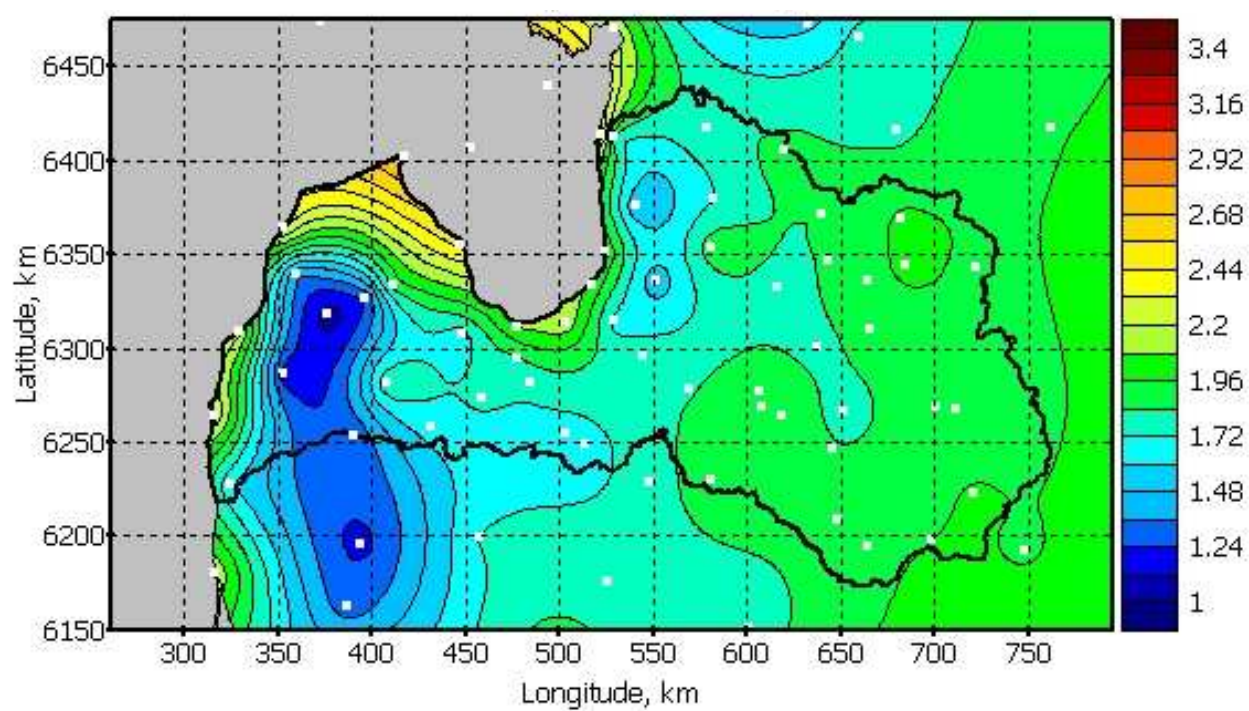
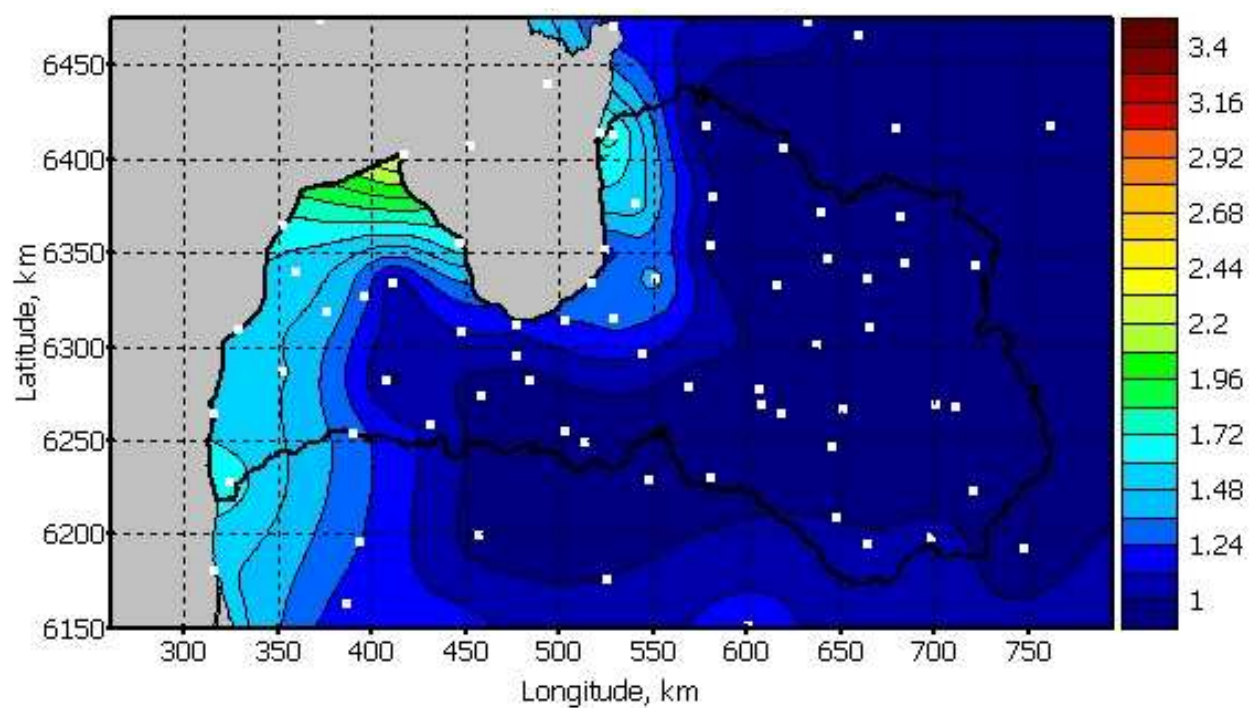


a) Janvāris

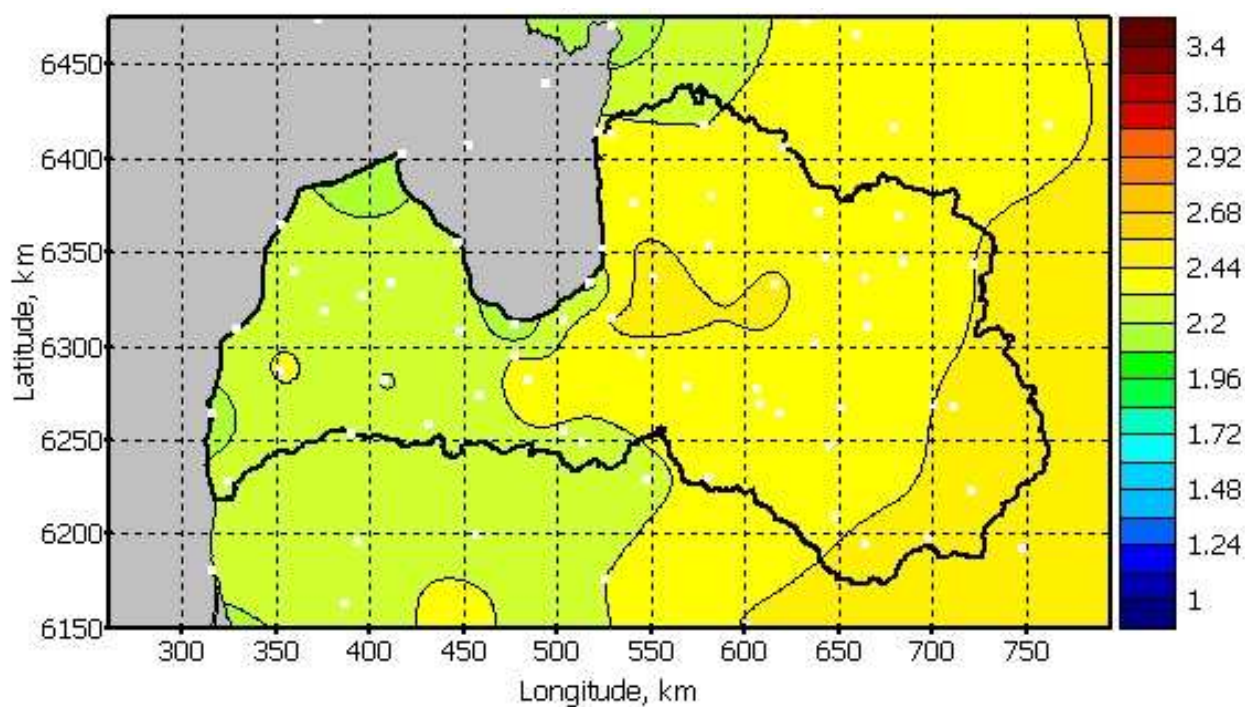
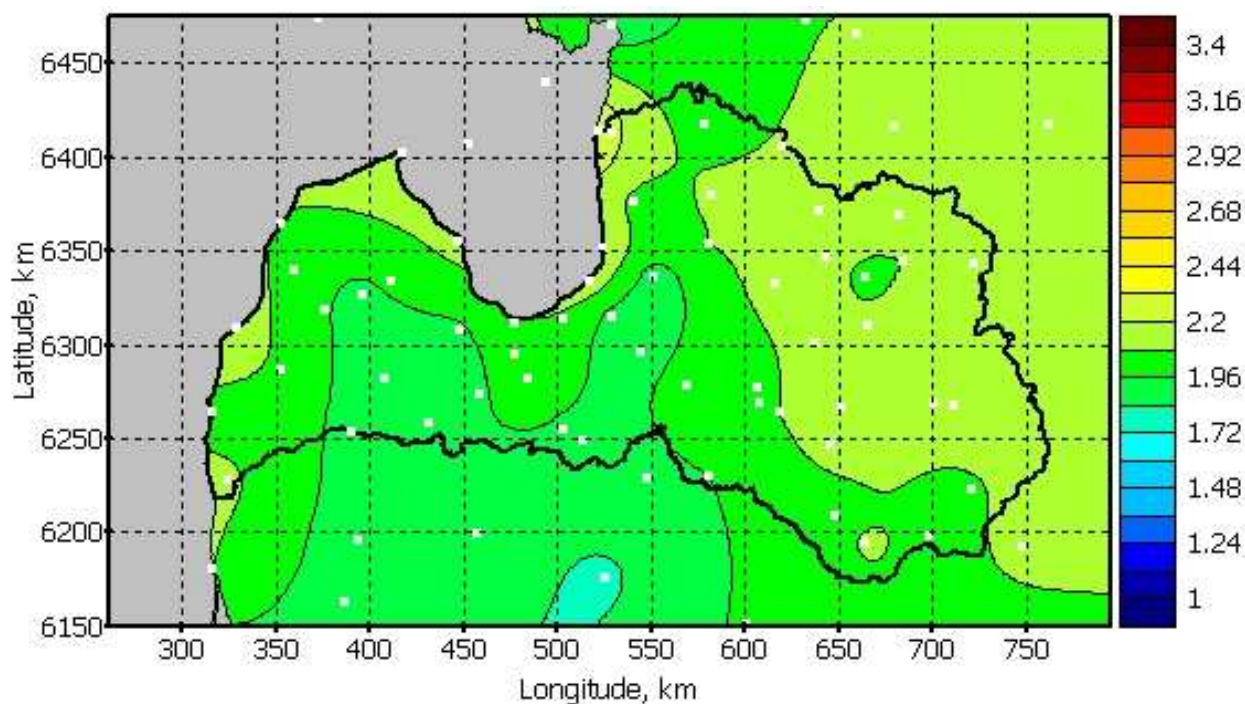


*b) Aprilis*





c) Jūlijs



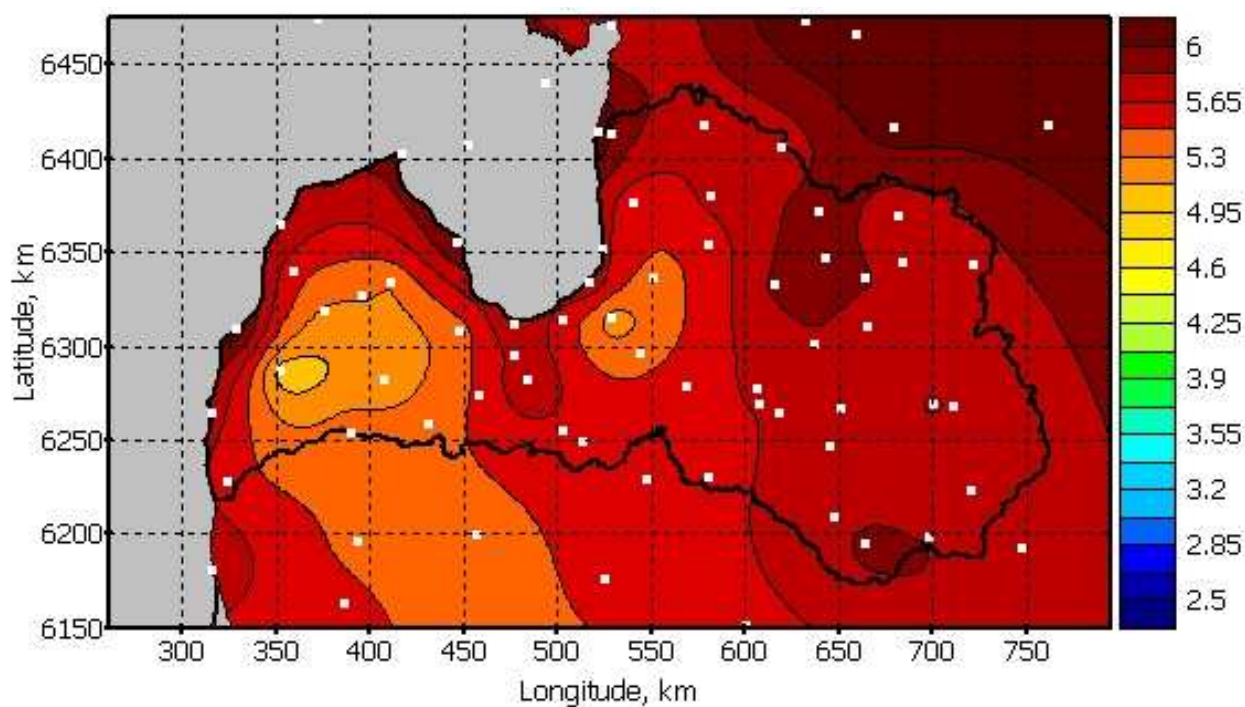
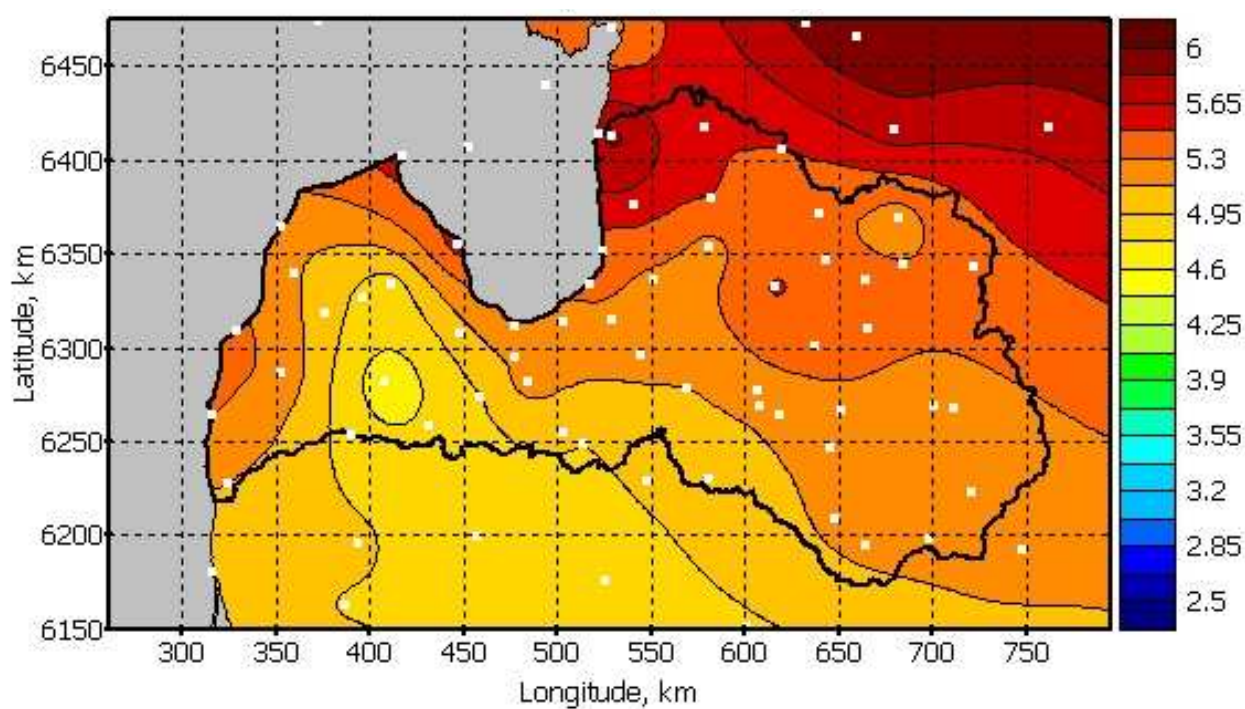
d) Oktobris

## 2.5. attēls. Mēneša vidējās temperatūras pieaugums °C tuvajā (2021-2050) nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

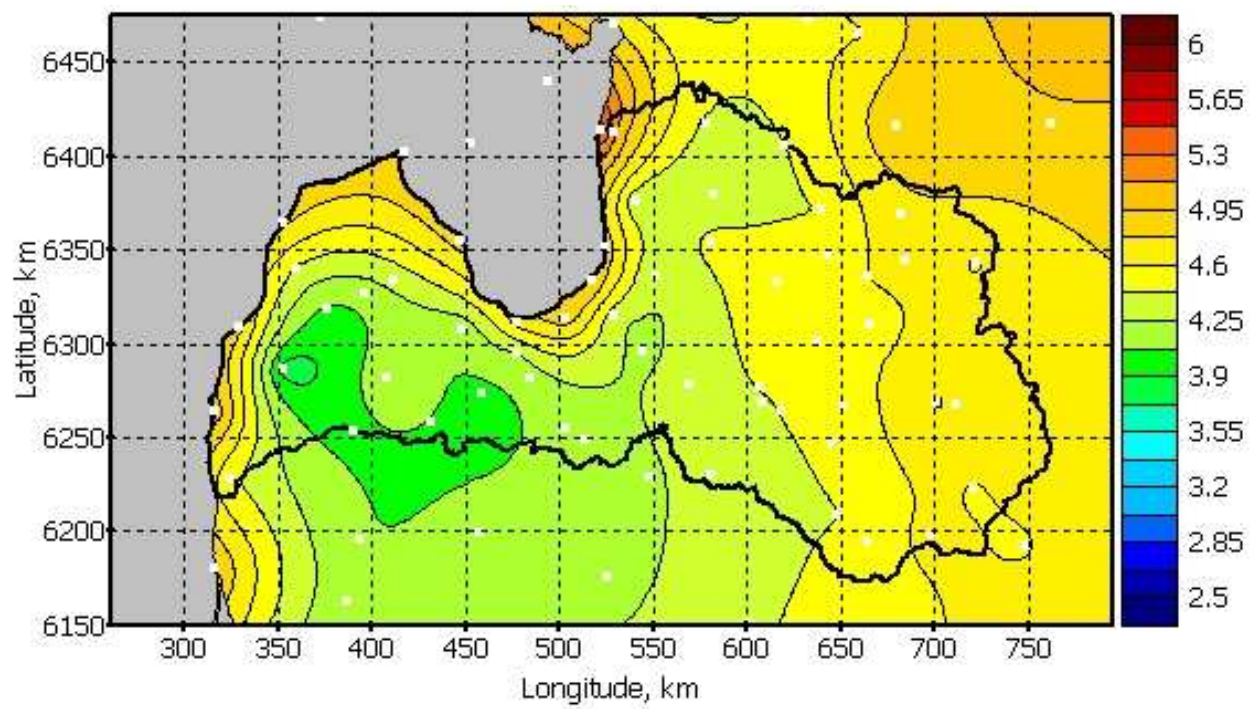
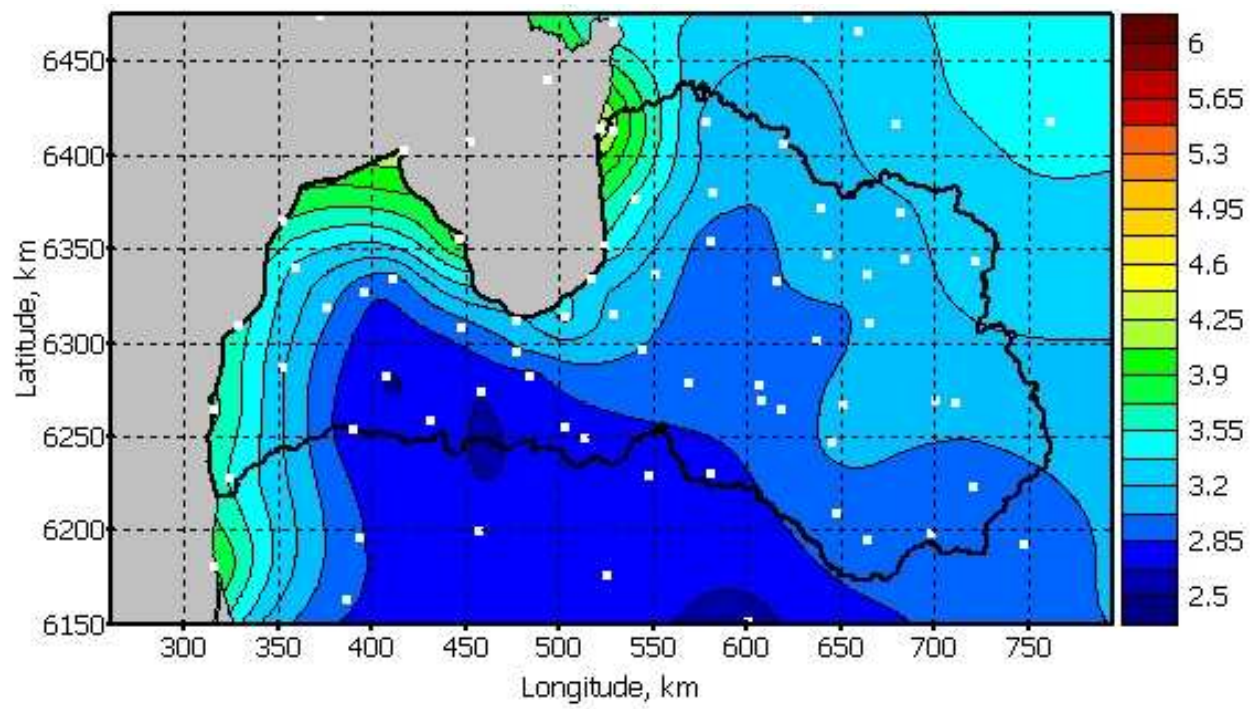
Tuvajā nākotnē gan vidējo, gan nozīmīgo izmaiņu scenārijs paredz vidējās mēneša temperatūras paaugstināšanos visās sezonās. Lielāks pieaugums gaidāms janvāra mēnesī, vismazākais – jūlija mēnesī. Saskaņā ar vidējo izmaiņu scenāriju šis pieaugums I un VII ir, attiecīgi, 2.4-3.4 un 0.7-2.0 °C. Aprīļa un oktobra mēnešos vidēju izmaiņu pieaugums ir,



attiecīgi, 1.6-2.1 un 1.9-2.3 °C. Aprīļa un oktobra mēnešos (salīdzinot ar janvāra un jūlija mēnešiem) izmaiņas ir viendabīgākas visā Latvijas teritorijā.

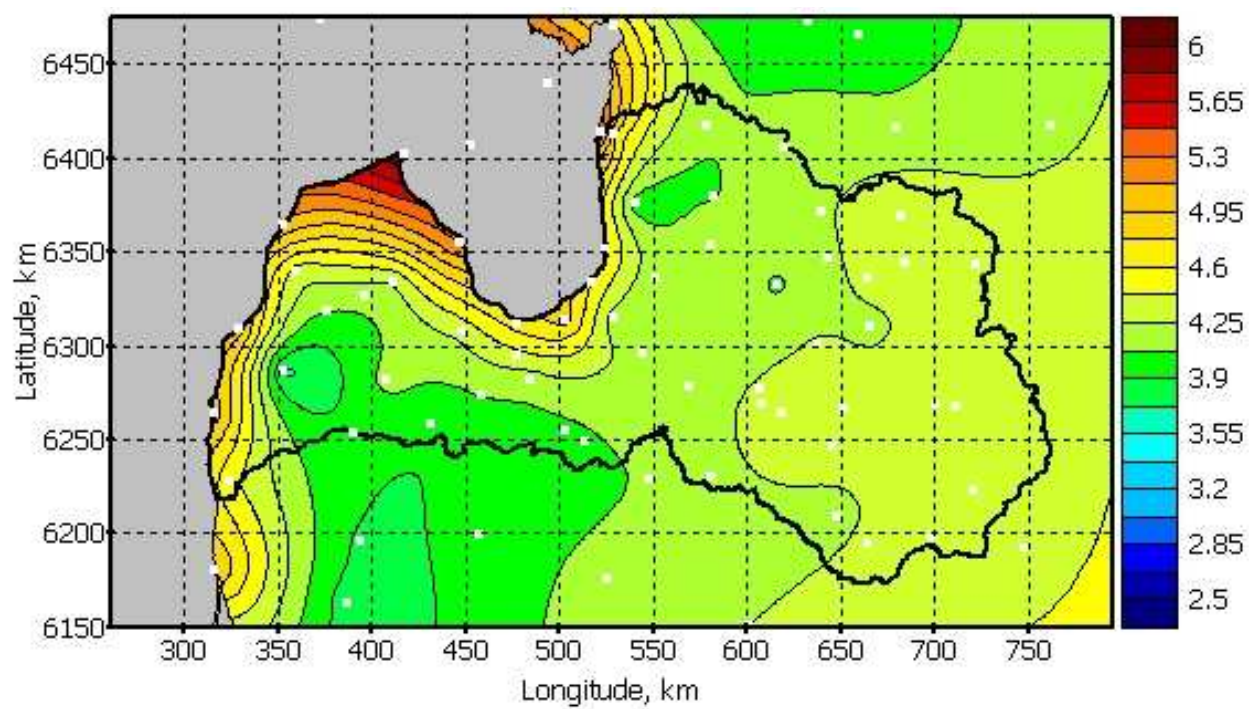
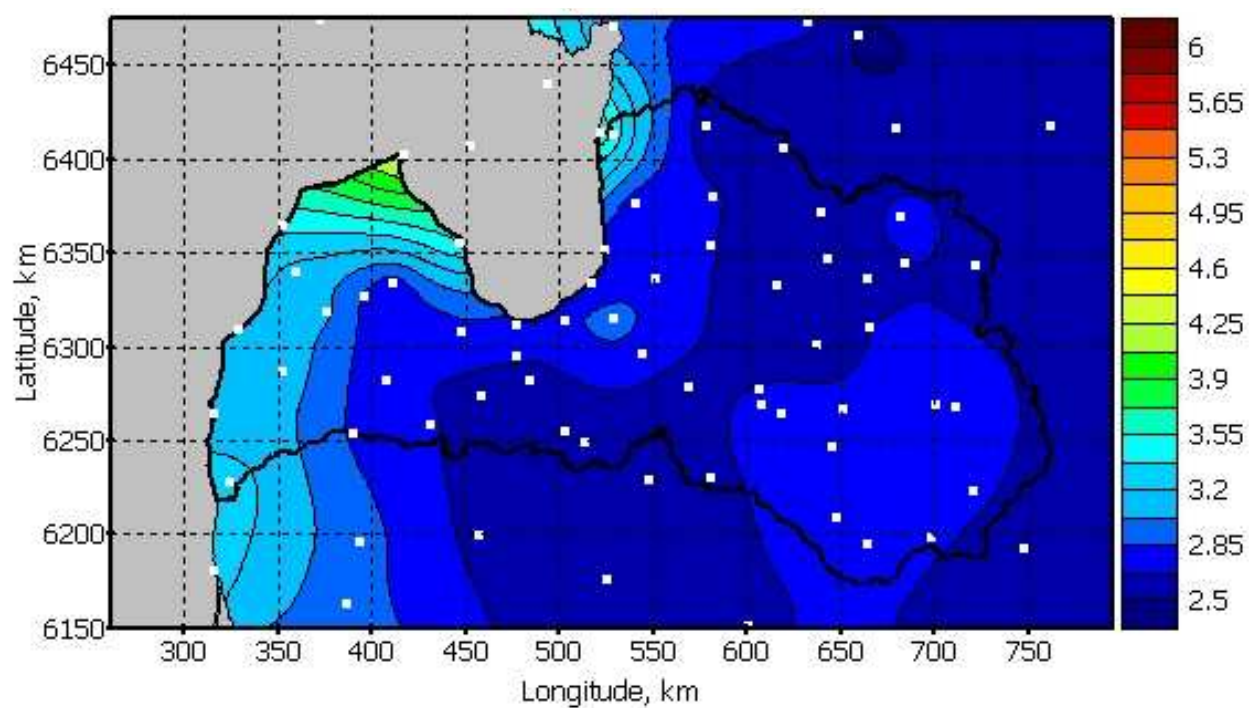


a) Janvāris



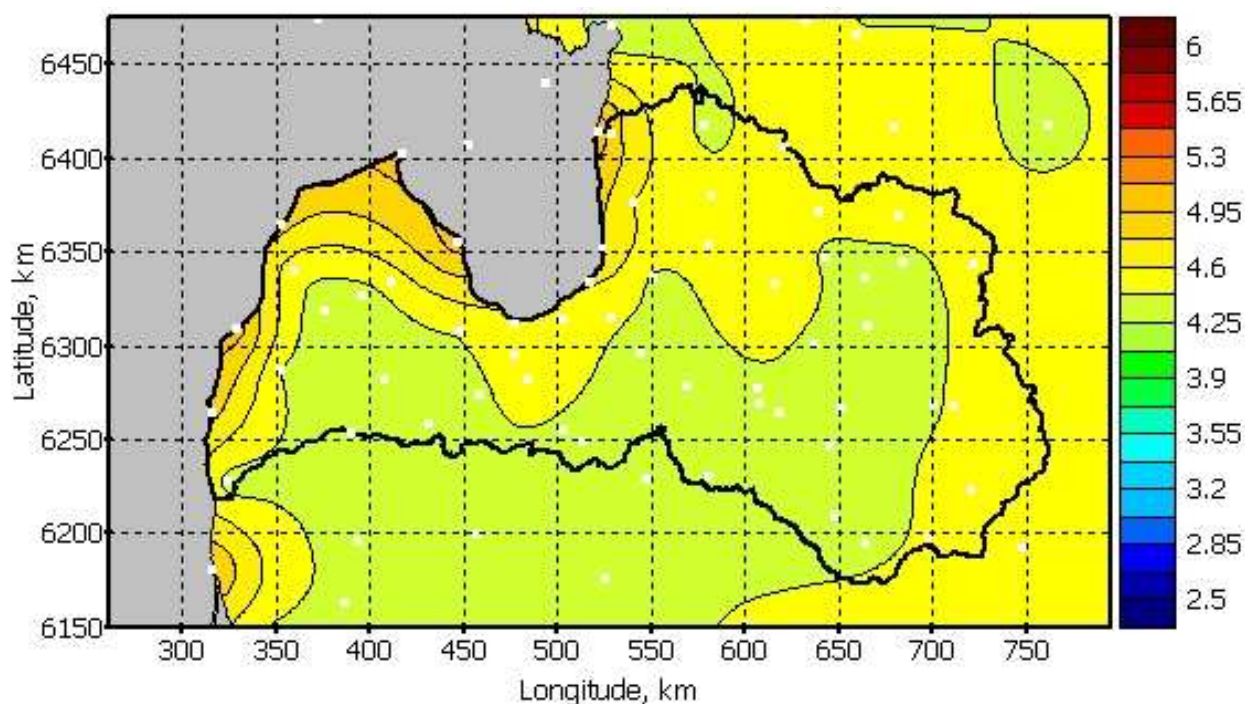
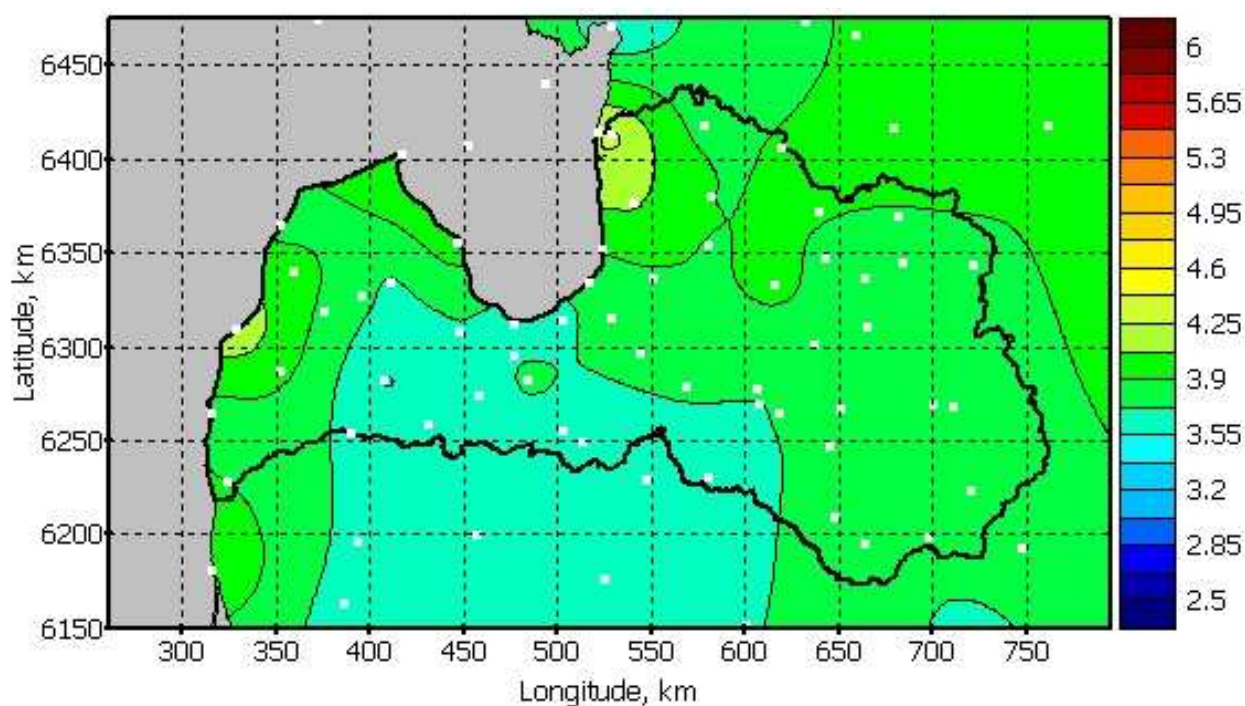
b) Aprilis





c) Jūlijs





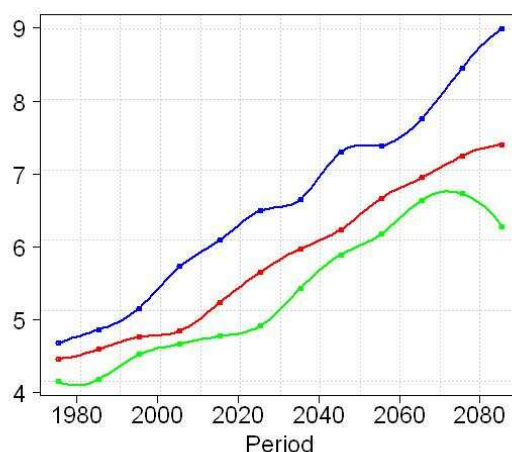
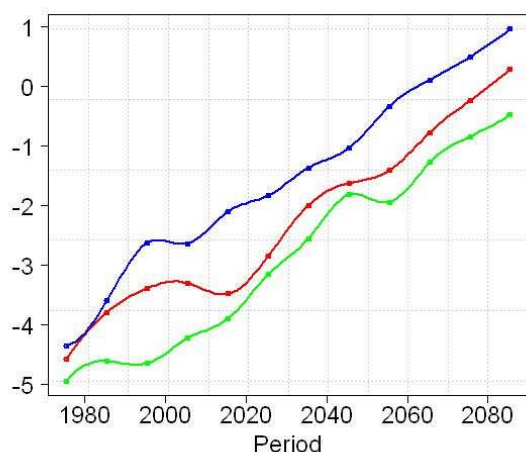
d) Oktobris

## 2.6. attēls. Mēneša vidējās temperatūras pieaugums °C tālajā (2071-2100) nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

Tālajā nākotnē gan vidējo, gan nozīmīgo izmaiņu scenārijs paredz vidējās mēneša temperatūras paaugstināšanos visās sezonās. Lielāks pieaugums gaidāms janvāra mēnesī, mazākais – jūlija mēnesī – vidējo izmaiņu scenārijam, attiecīgi, par 4.6-5.8 un 2.2-4.0 °C. Aprīļa un oktobra

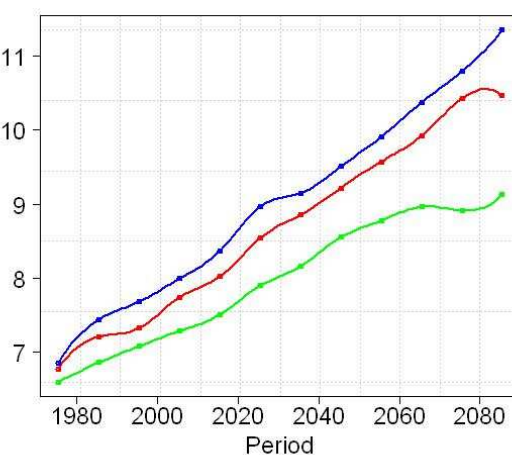
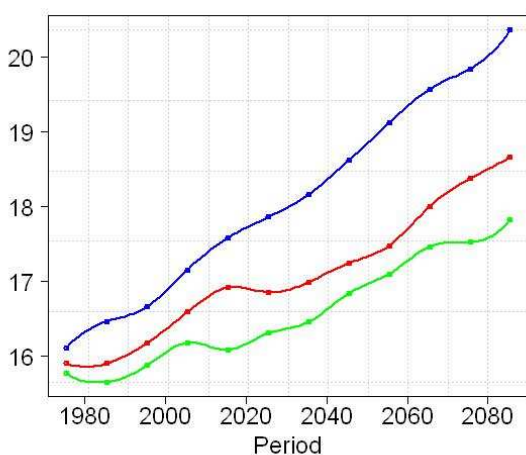
mēnešos sagaidāmais temperatūras pieaugums vidējo izmaiņu scenārija gadījumā ir, attiecīgi, 2.5-4.3 un 3.6-4.3 °C.

Janvāra, aprīļa un oktobra mēnešos būtiskāks temperatūras pieaugums paredzams teritorijas Z daļā, kā arī Baltijas jūras piekrastei tuvākās teritorijās. Jūlija mēnesī būtiskāks pieaugums paredzams Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastes tuvumā esošajās teritorijās Kurzemes reģionā.



a) Janvāris

b) Aprīlis



c) Jūlijs

d) Oktobris

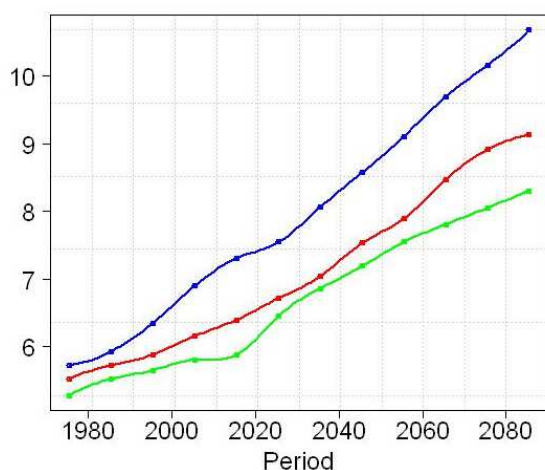
**2.7. attēls. Klimatiskās (30 gadu perioda mēneša vidējās) temperatūras °C Stendē attīstība laikā 4 sezonās mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zilā līnija) izmaiņu scenārijiem.**

Att. 2.7 parādītas četru dažādu mēnešu klimatisko temperatūru (t.i. vidējotu 30 gadu ilgam periodam) laika grafiki mērenam, vidējam un nozīmīgam klimata izmaiņu scenārijam. Arī Stendē novērojama tendence vidējai mēneša temperatūrai vairāk palielināties janvāra mēnesī, salīdzinot ar jūlija mēnesi (sevišķi izteikti vidējo izmaiņu scenārijam). Tajā pašā laikā jūlija mēnesī vērojama lielāka atšķirība starp vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenāriju.

## 6.2 Klimatiskās gada vidējās temperatūras attīstība laikā

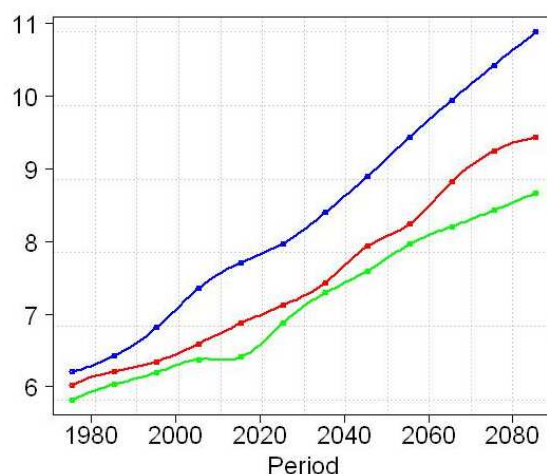
Par klimatisko gada vidējo temperatūru pieņemsim 30 gadu periodam vidējotu gaisa temperatūras vērtību. Att. 2.8 parādītas klimatiskās temperatūras izmaiņas laikā astoņām novērojumu stacijām atbilstoši 3 aplūkojamām – mērenai, vidējai un nozīmīgai – klimata izmaiņām. Projektiju kopsavilkums sniegts 2.4. tabulā.

Secīgi vidējot modelaprēķinu diennakts vidējās temperatūras datu rindas 30 gadu periodam, redzams, ka visi 3 scenāriji paredz salīdzinoši vienmērīgu 30 gadu perioda vidējās temperatūras kāpumu visās stacijās.



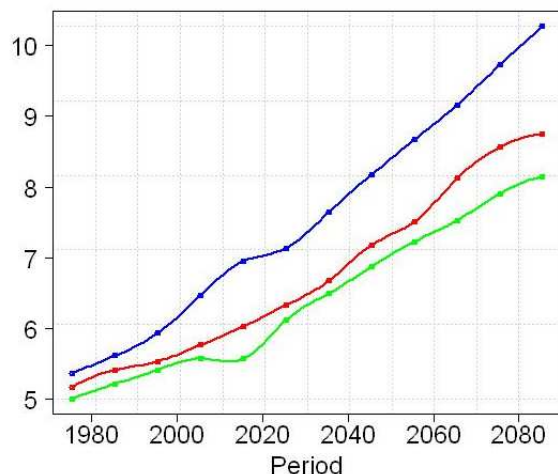
—◆— —■— —▲—

a) Daugavpils



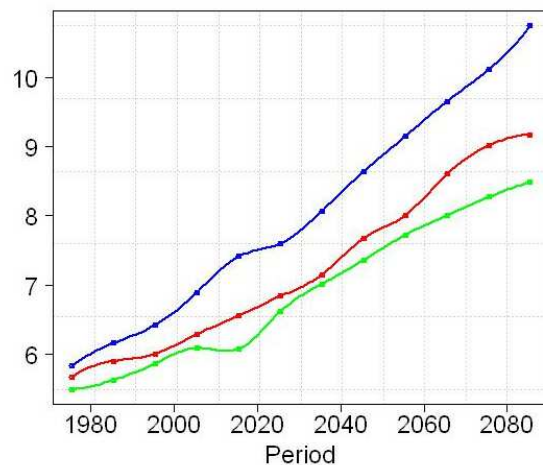
—◆— —■— —▲—

b) Bauska



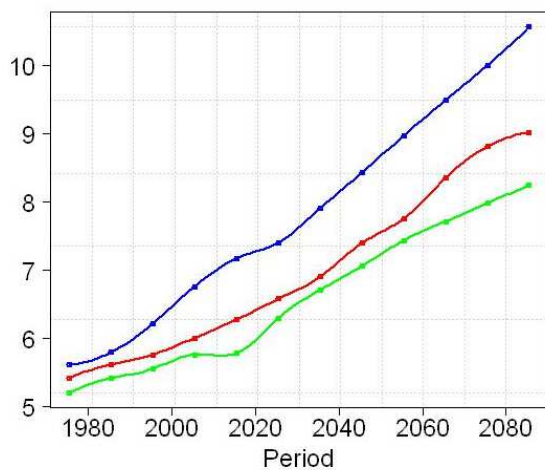
—◆— —■— —▲—

c) Rūjiena

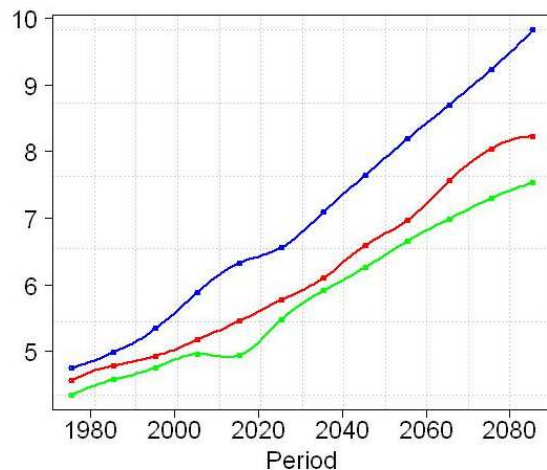


—◆— —■— —▲—

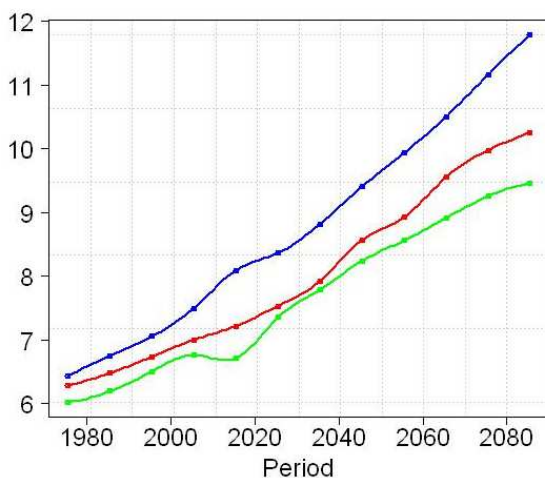
d) Stende



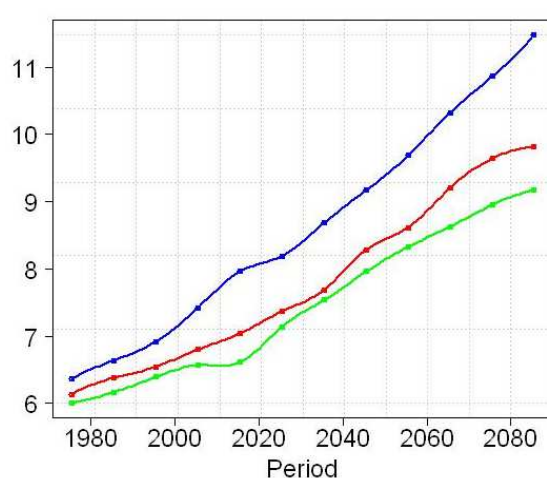
e) Zilāni



f) Zosēni



g) Pāvilosta



h) Rīga

**2.8. attēls. 30 gadu perioda gada vidējās temperatūras °C attīstība laikā - mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zilā līnija) izmaiņu scenārijs.**

Tabulā 2.4. redzams, ka no izvēlētajām 7 stacijām tuvajā nākotnē lielākais gada vidējās temperatūras pieaugums ir Pāvilostā (2 °C), mazākais – Bauskā (1.6 °C). Arī tālajā nākotnē vidējo izmaiņu scenārijs paredz, ka lielākais pieaugums ir Pāvilostā (4 °C), bet mazākais – Bauskā (3.4 °C).



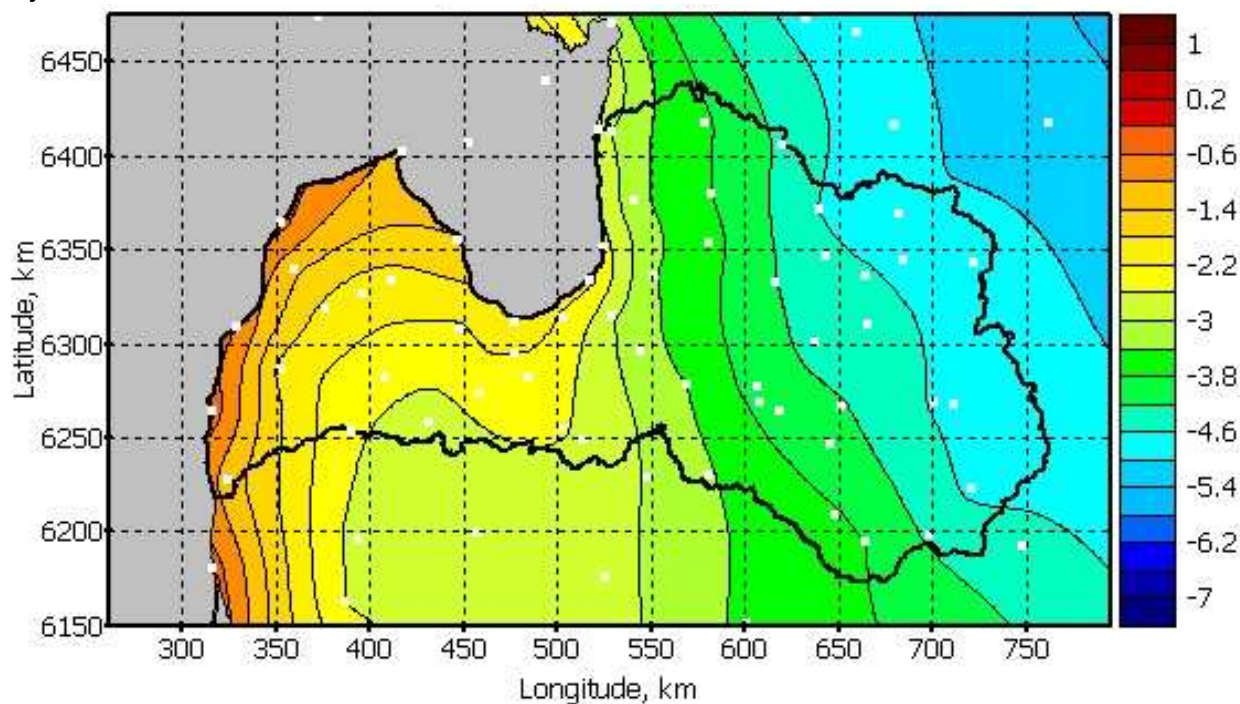
## 30 gadu vidējā temperatūra un tās pieaugums °C dažādās stacijās

Stacija	Scenārijs	Kontroles periods	Tuvā nākotne	Tālā nākotne	Pieaugums tuvā nākotnē	Pieaugums tālā nākotnē
Daugavpils	mēreno izmaiņu	5.3	6.9	8.3	1.6	3.0
	vidējo izmaiņu	5.5	7.3	9.1	1.7	3.6
	nozīmīgo izmaiņu	5.7	8.1	10.7	2.4	5.0
Bauska	mēreno izmaiņu	5.9	7.3	8.7	1.5	2.8
	vidējo izmaiņu	6.0	7.7	9.4	1.6	3.4
	nozīmīgo izmaiņu	6.2	8.4	10.9	2.2	4.7
Rūjiena	mēreno izmaiņu	5.0	6.6	8.1	1.5	3.1
	vidējo izmaiņu	5.2	6.9	8.8	1.7	3.6
	nozīmīgo izmaiņu	5.4	7.6	10.3	2.3	4.9
Stende	mēreno izmaiņu	5.6	7.1	8.5	1.5	2.9
	vidējo izmaiņu	5.7	7.4	9.2	1.7	3.5
	nozīmīgo izmaiņu	5.9	8.2	10.8	2.3	4.9
Zilāni	mēreno izmaiņu	5.3	6.8	8.2	1.5	3.0
	vidējo izmaiņu	5.4	7.1	9.0	1.7	3.6
	nozīmīgo izmaiņu	5.6	7.9	10.6	2.3	5.0
Zosēni	mēreno izmaiņu	4.4	6.0	7.5	1.6	3.1
	vidējo izmaiņu	4.6	6.3	8.2	1.8	3.7
	nozīmīgo izmaiņu	4.8	7.1	9.8	2.3	5.1
Pāvilosta	mēreno izmaiņu	6.1	7.8	9.5	1.8	3.4
	vidējo izmaiņu	6.3	8.3	10.3	2.0	4.0
	nozīmīgo izmaiņu	6.5	8.9	11.8	2.5	5.3

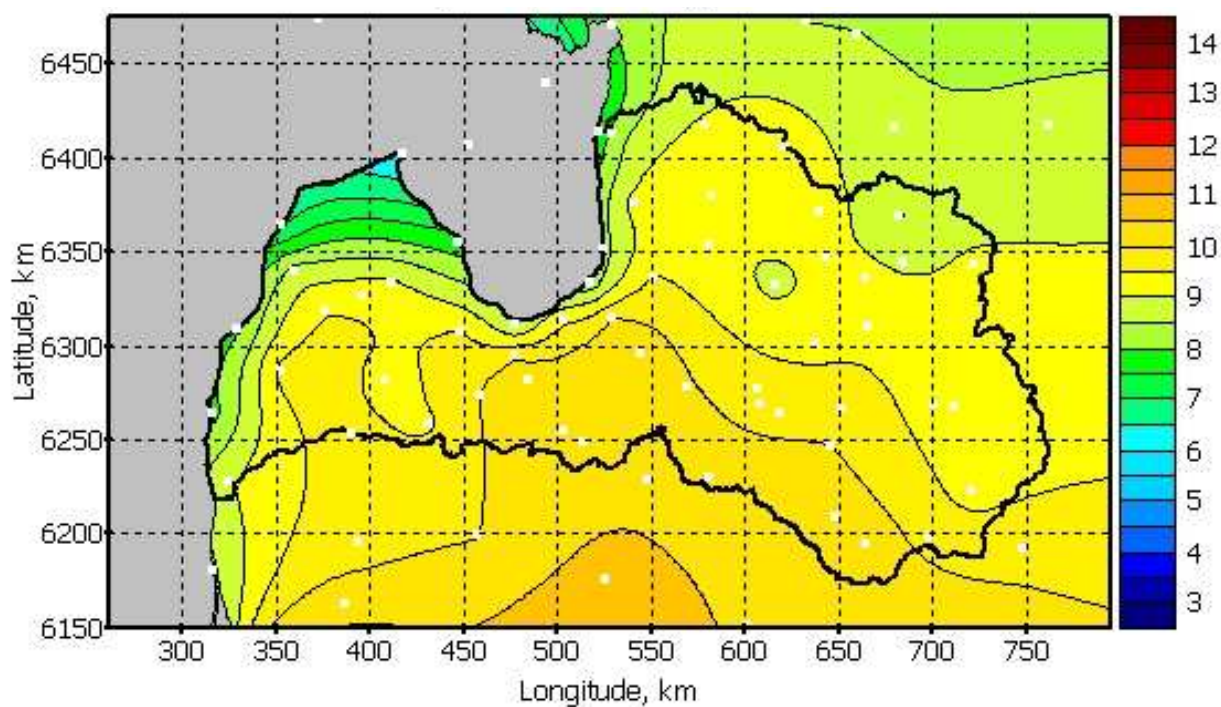
## 7. DIENNAKTS EKSTRĒMĀS TEMPERATŪRAS VĒRTĪBAS

### 7.1 Maksimālā diennakts temperatūra

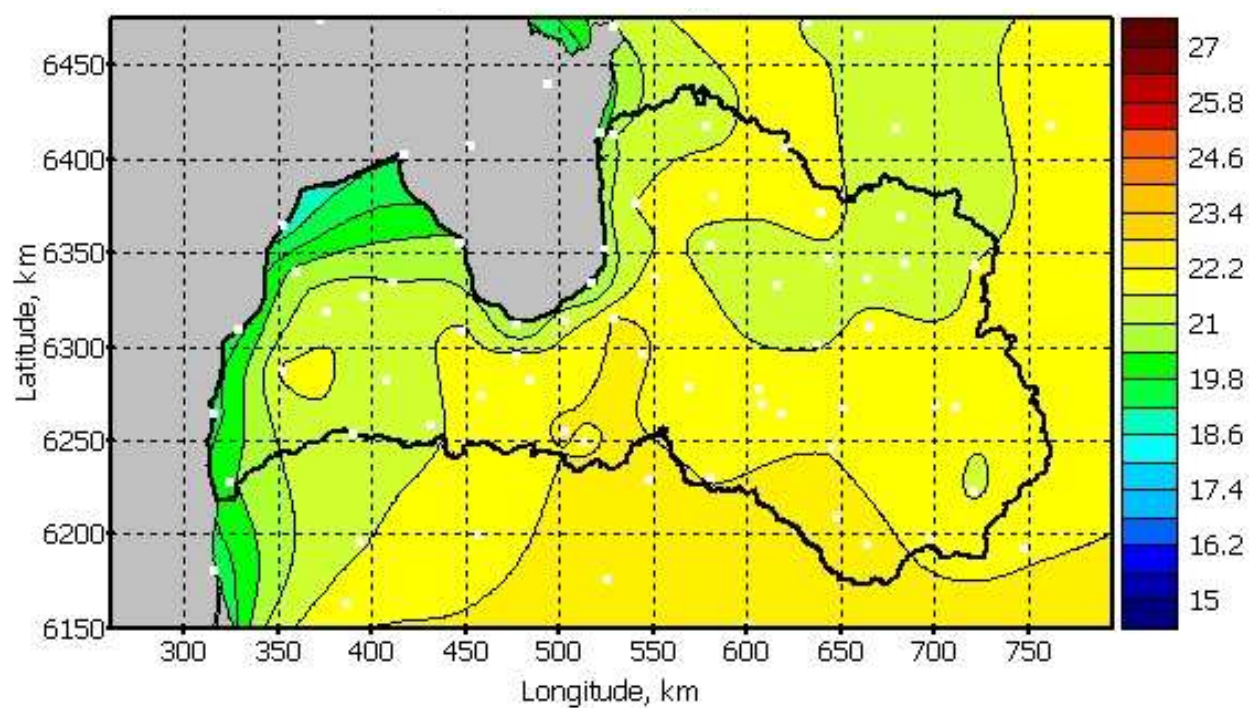
Att. 2.9 parādīts četrām sezonām atbilstošās diennakts maksimālās gaisa temperatūras sadalījums mūsdienu klimatam (1961-1990), bet att. 2.10-2.11 – tās sagaidāmais pieaugums tuvajai (2021-2050) un tālajai (2071-2100) nākotnei vidēju un nozīmīgu klimata izmaiņu gadījumā.



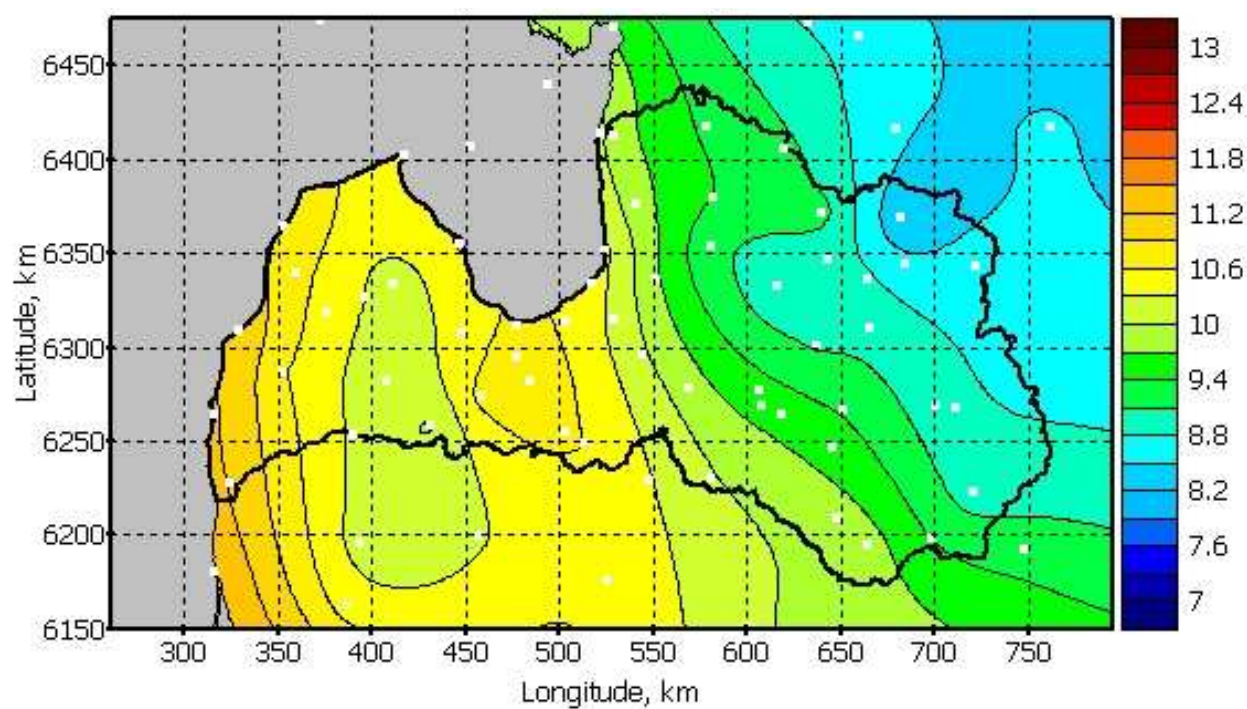
a) Janvāris



b) Aprīlis



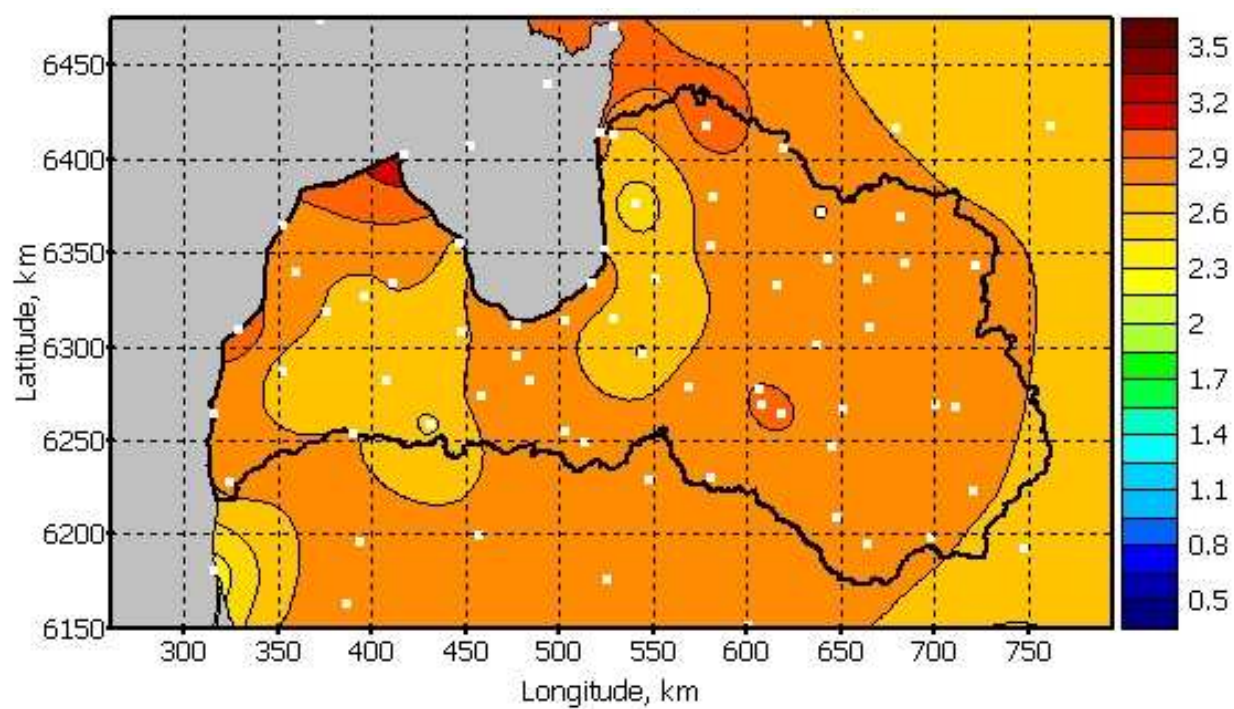
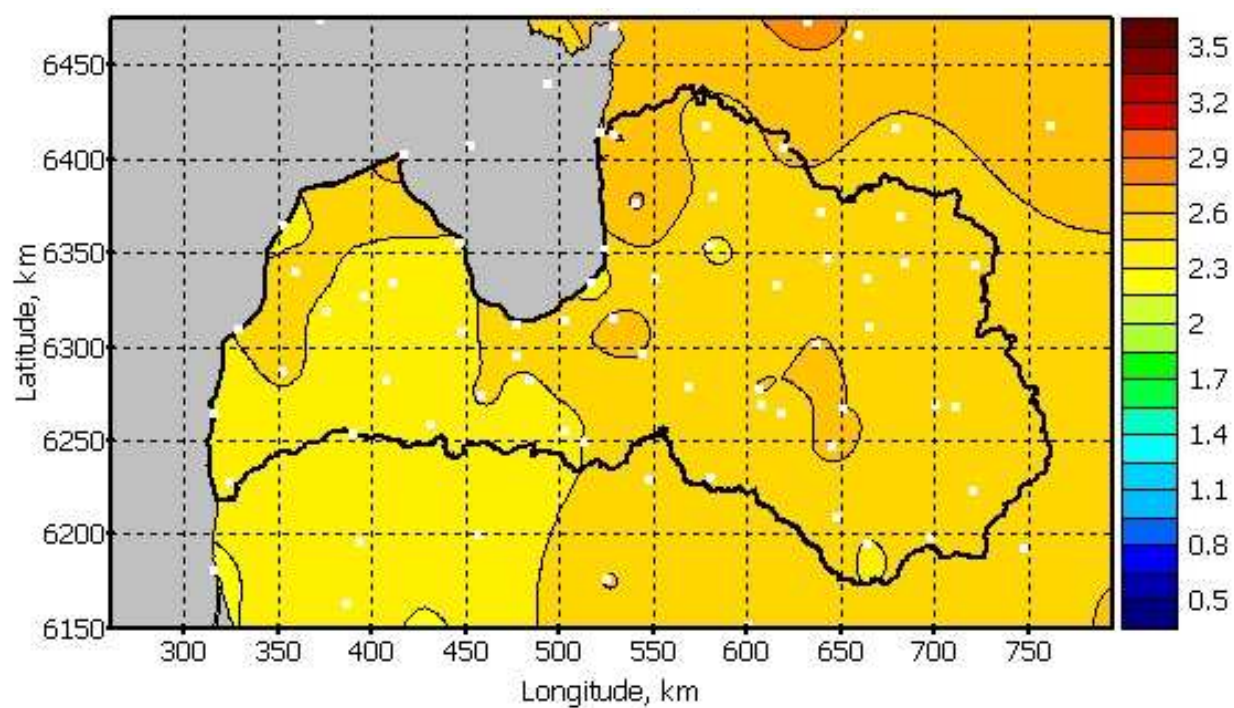
c) Jūlijs



d) Oktobris

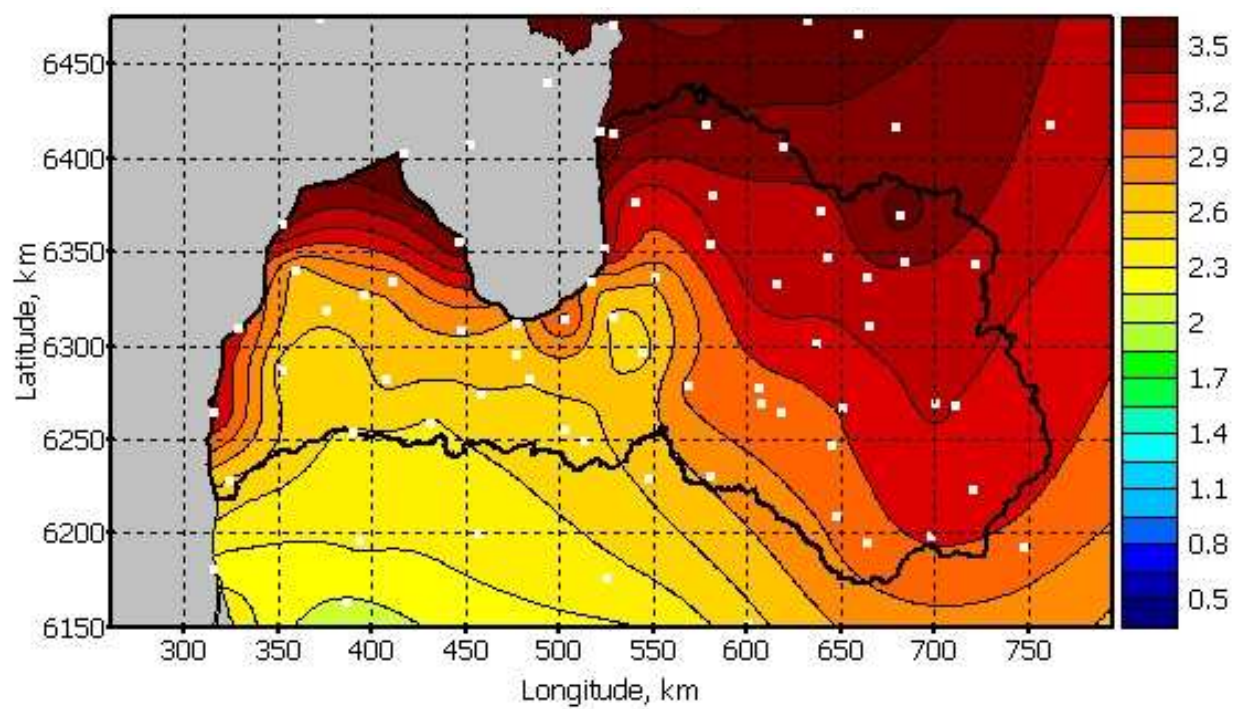
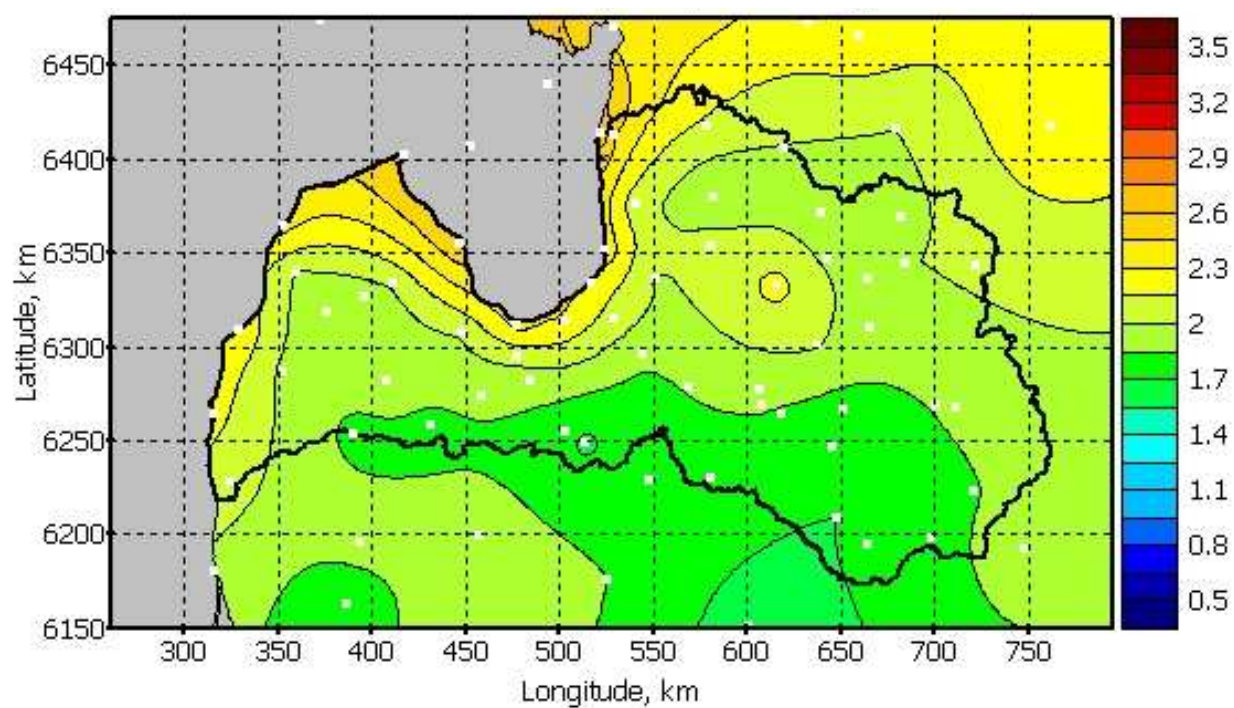
**2.9. attēls. Vidējā mēneša diennakts maksimālā temperatūra °C 4 raksturīgajās sezonās kontroles periodā 1961-1990.**



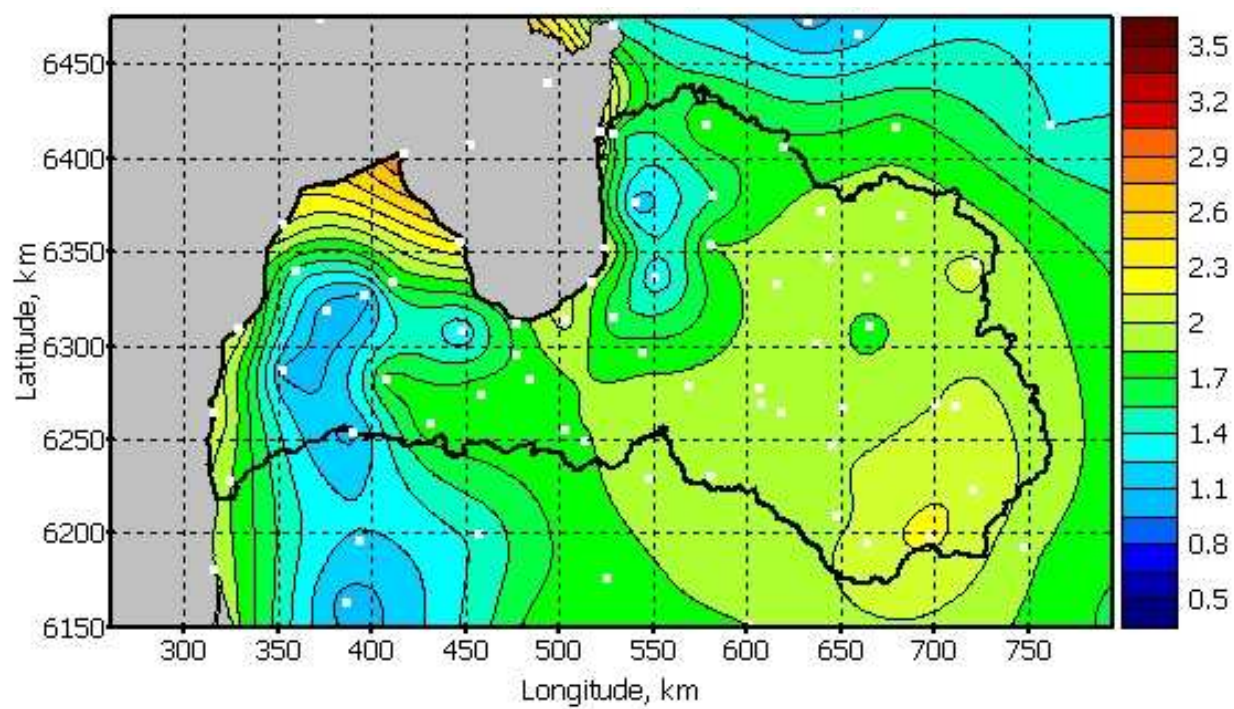
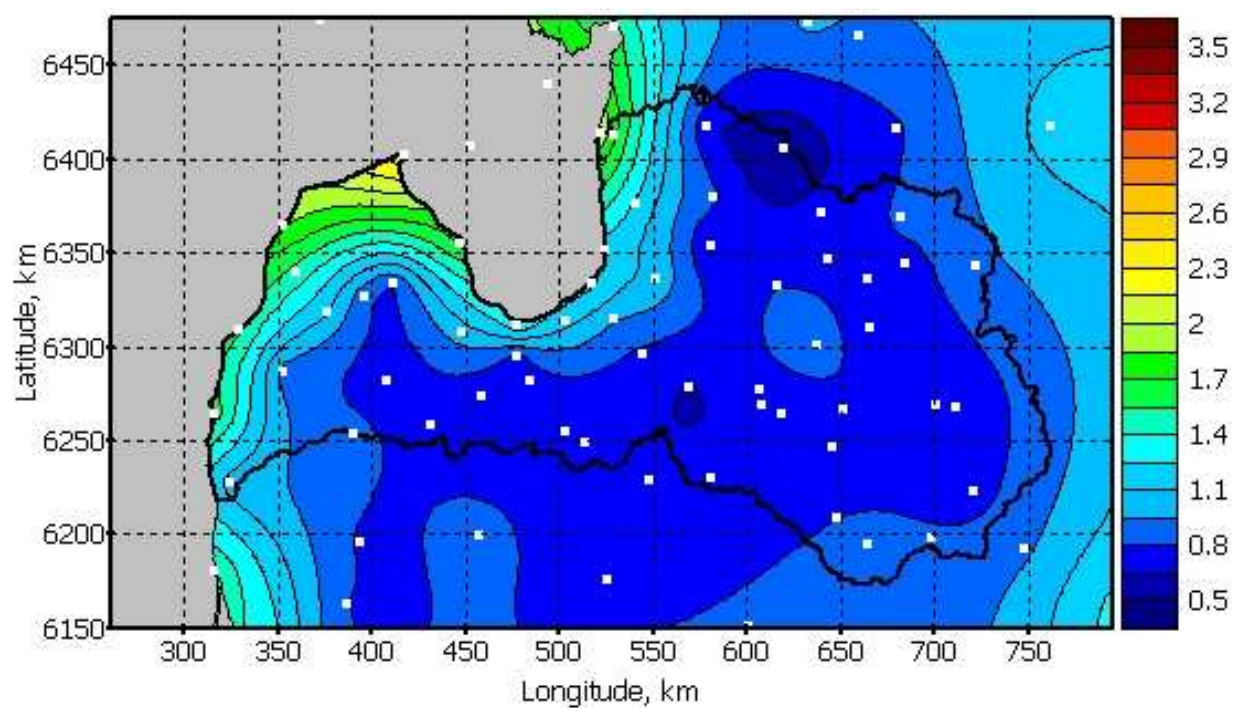


a) Janvāris



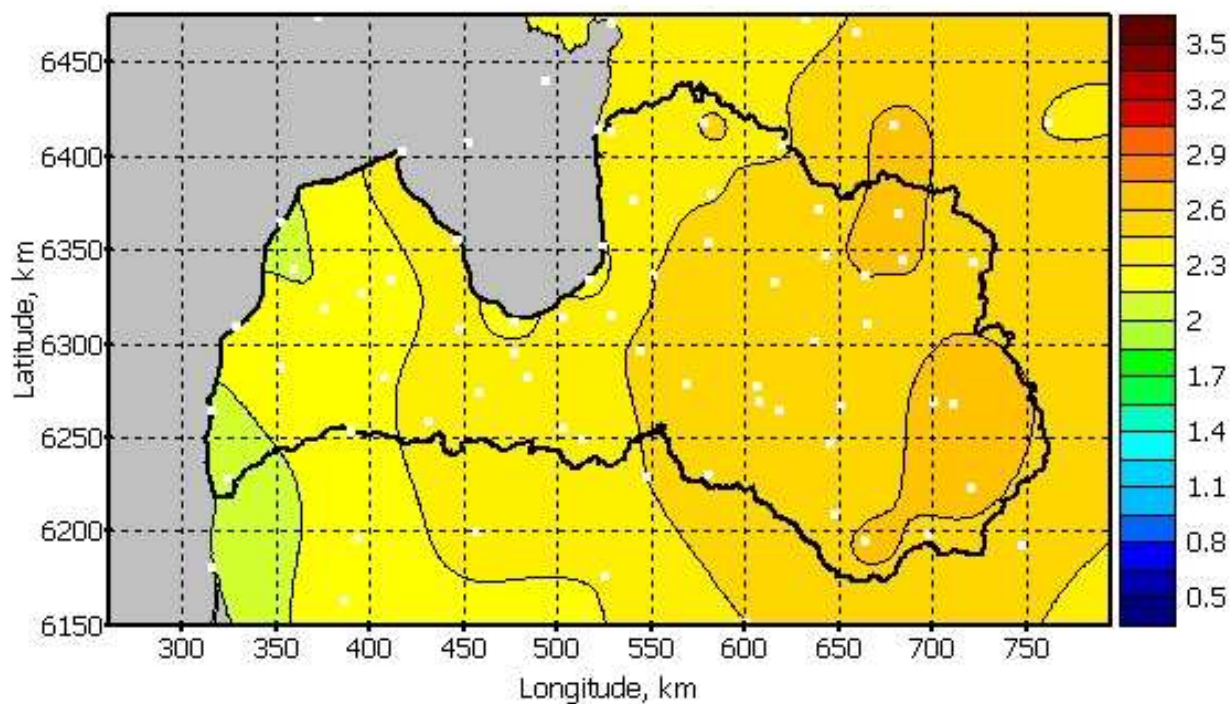
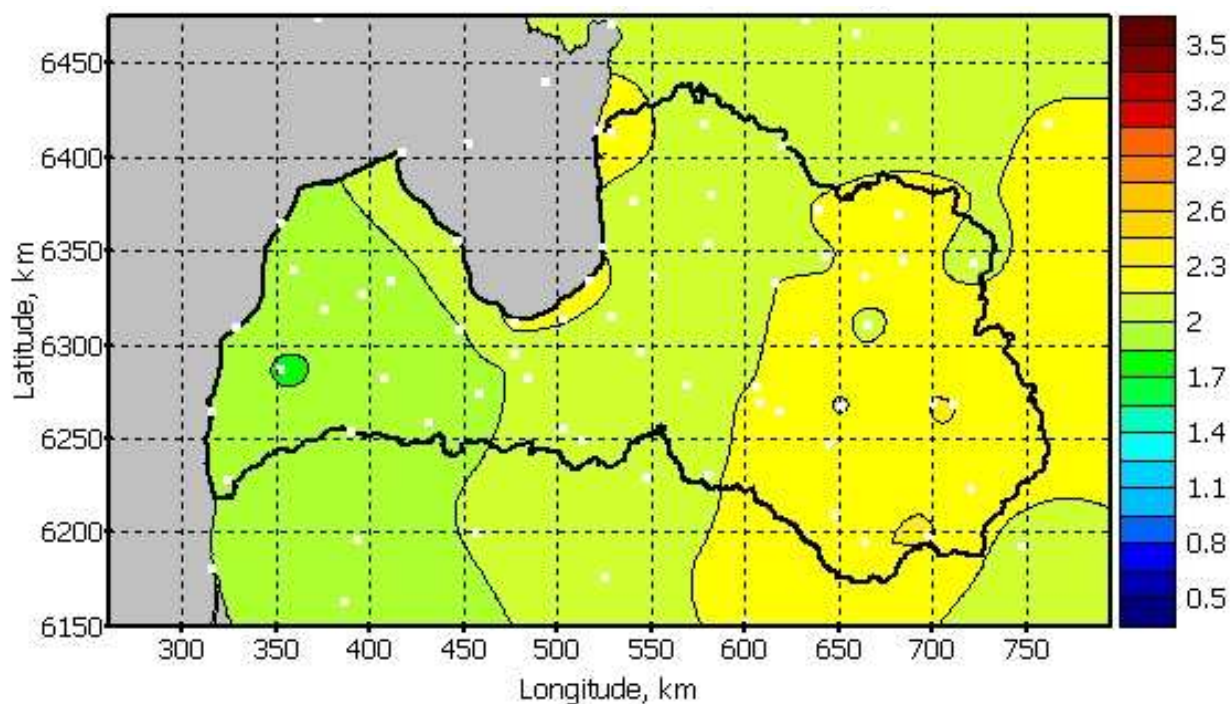


*b) Aprilis*



c) Jūlijs

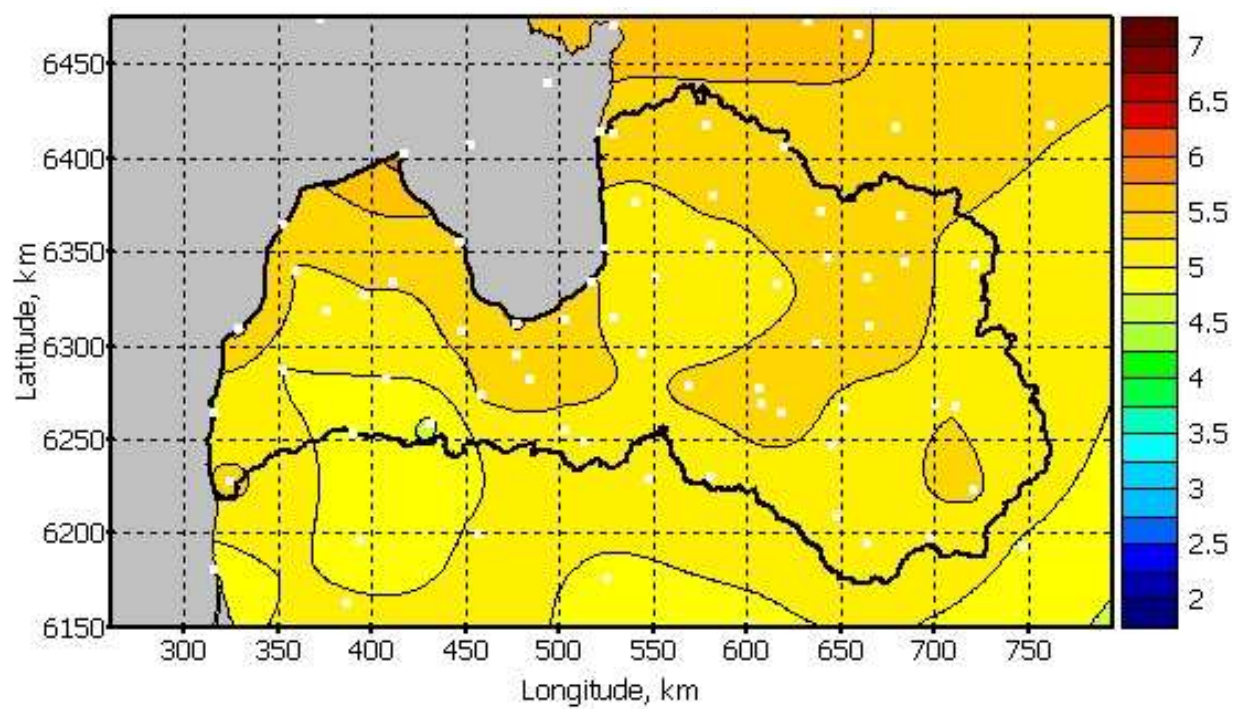
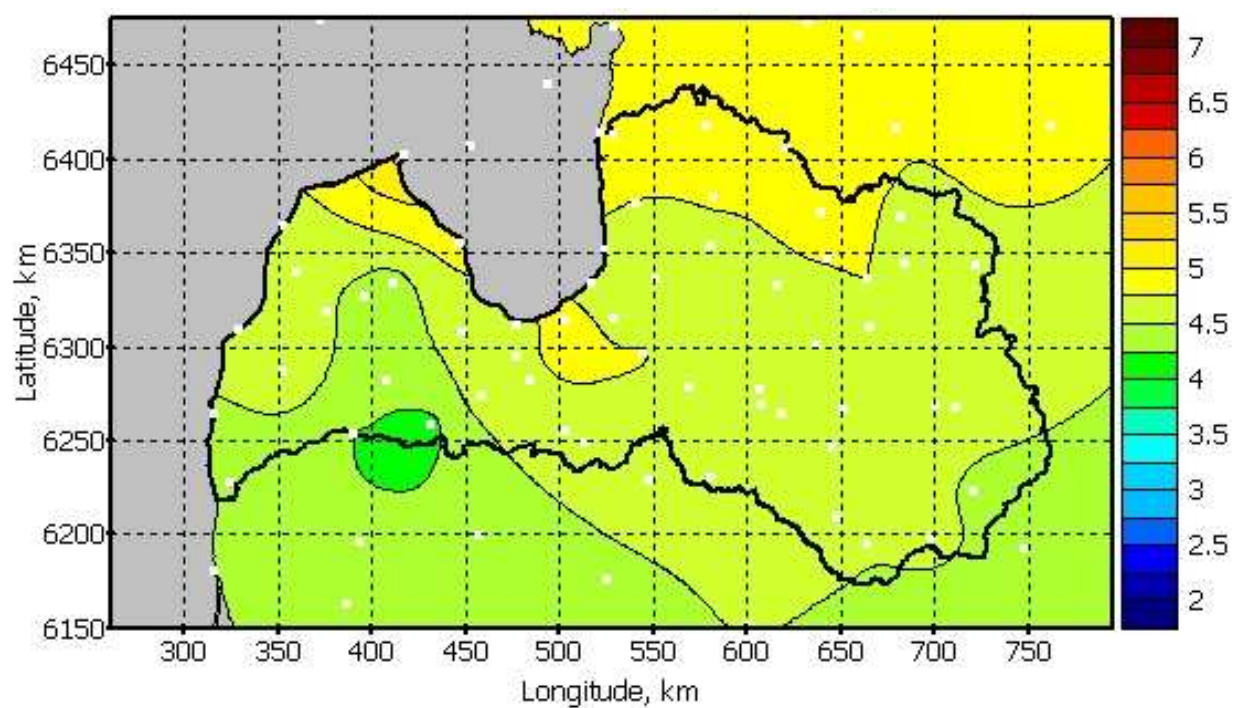




d) Oktobris

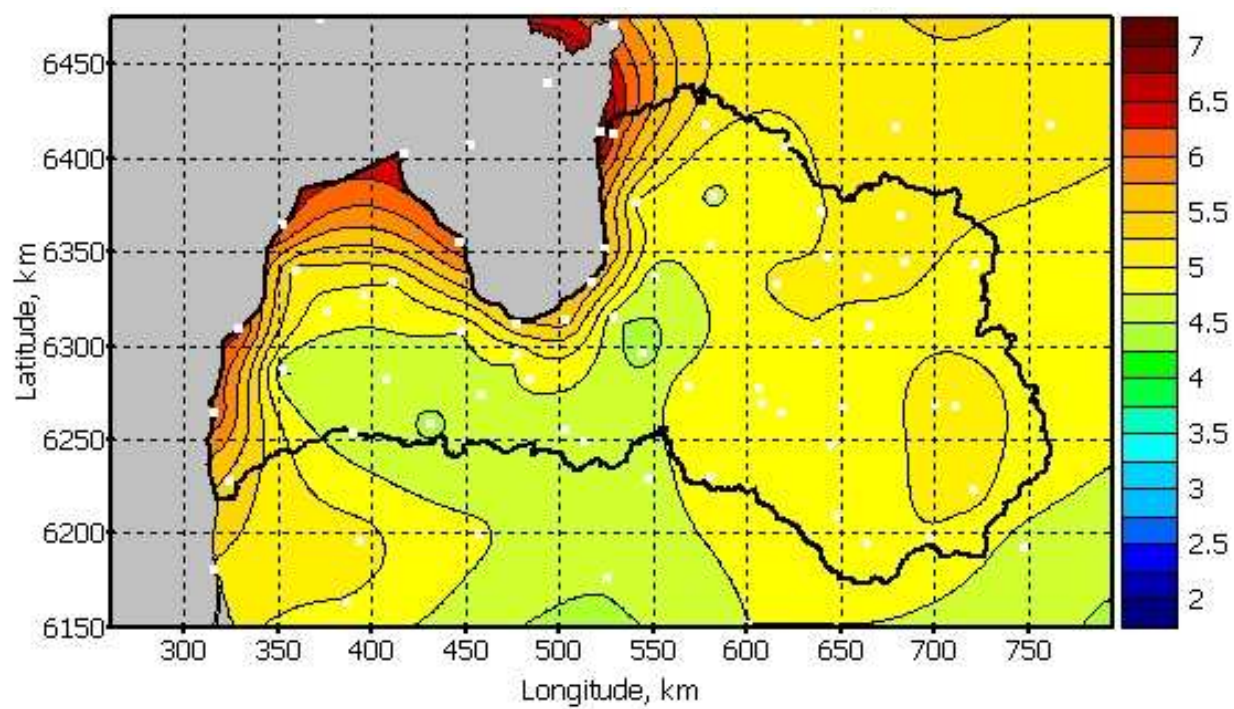
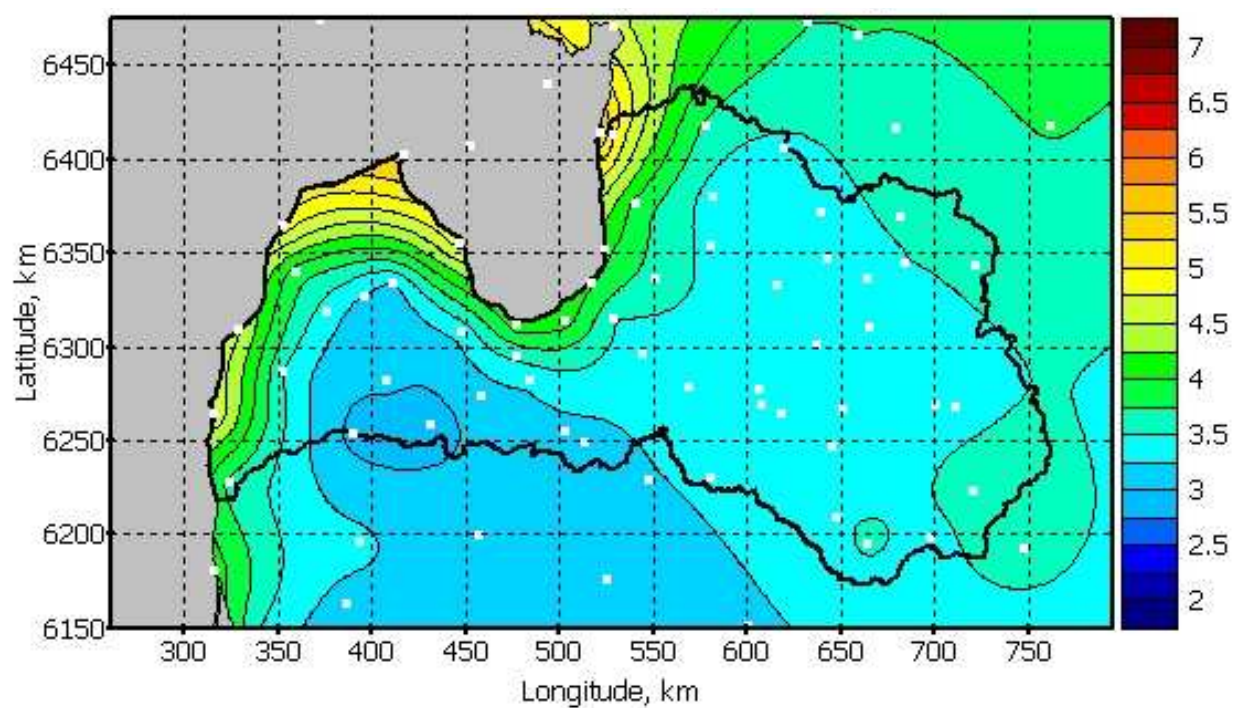
**2.10. attēls. Vidējās mēneša diennakts maksimālās temperatūras pieaugums °C tuvajā nākotnē 4 raksturīgajās sezonās (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).**

Visi scenāriji paredz mēneša vidējās diennakts maksimālās temperatūras pieaugumu. Jūlija mēnesī vērojams mazākais pieaugums. Saskaņā ar vidējo izmaiņu scenāriju (Att. 2.10) tas visā Latvijas teritorijā jūlijā nepārsniedz 2.3 grādus, bet janvārī – 2.8 grādus.

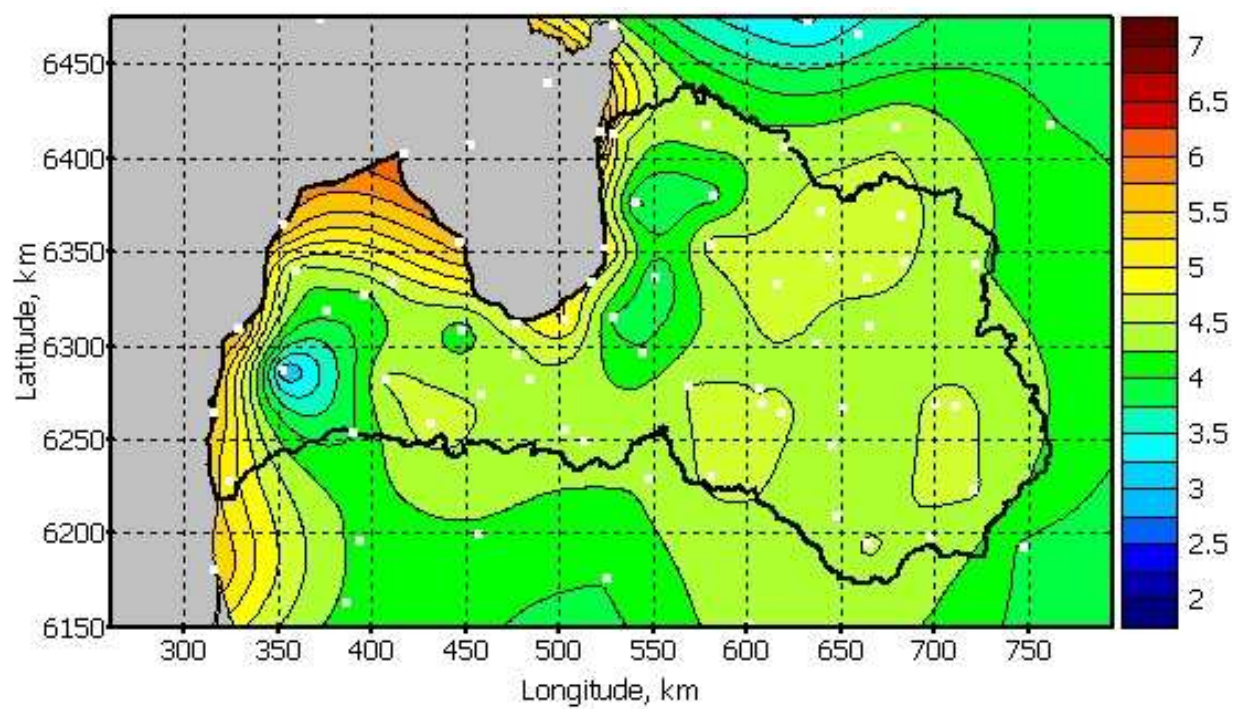
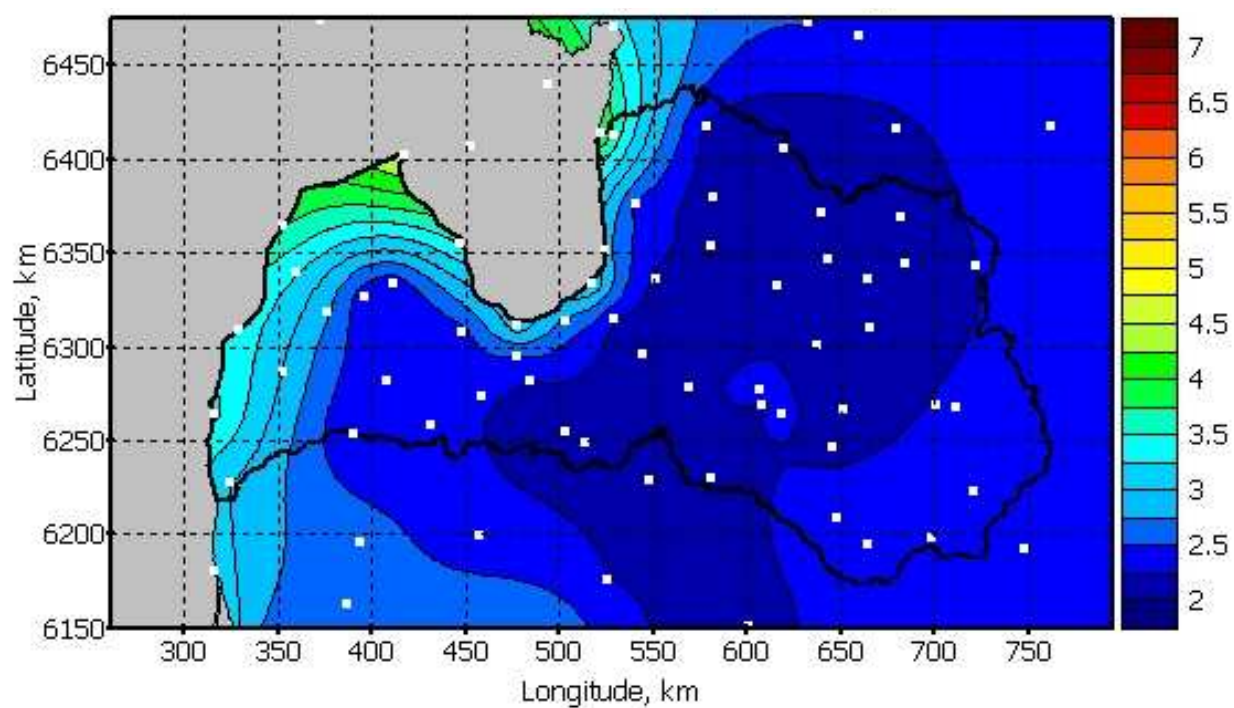


a) Janvāris



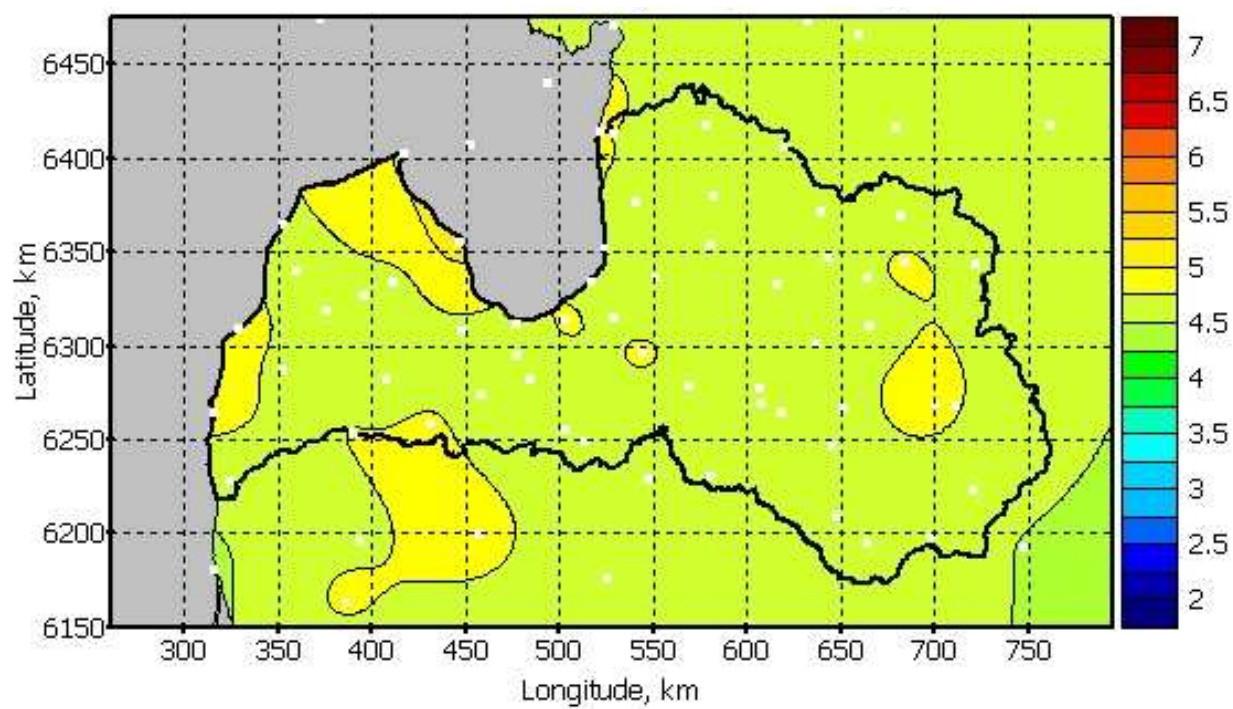
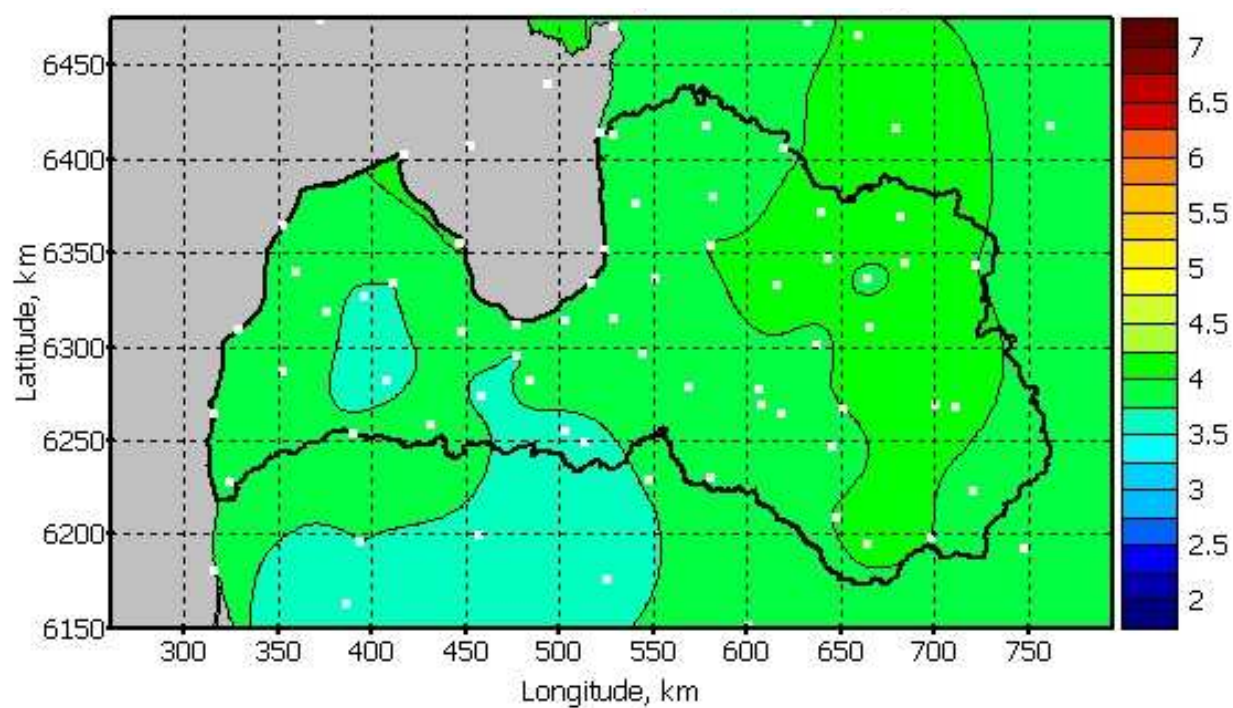


*b) Aprilis*



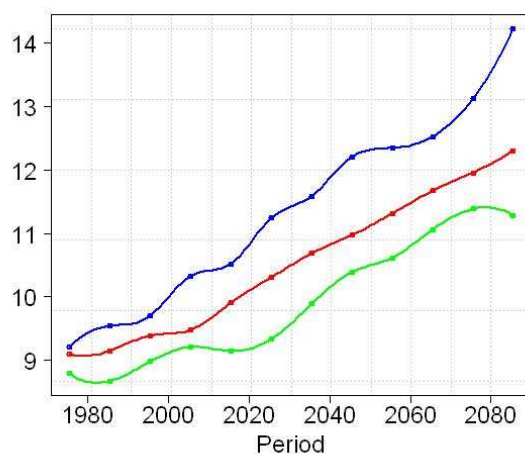
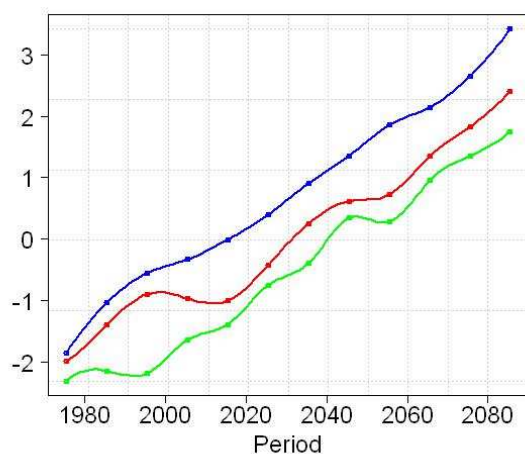
c) Jūlijs





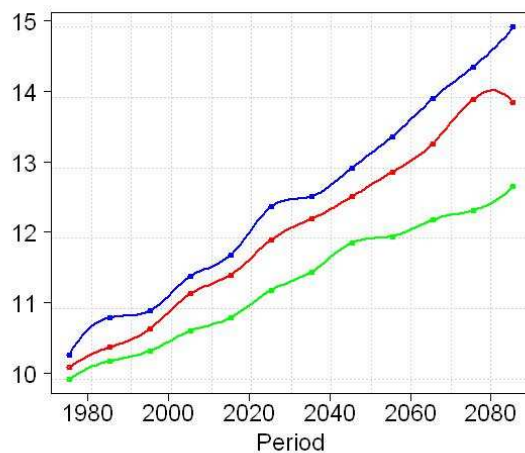
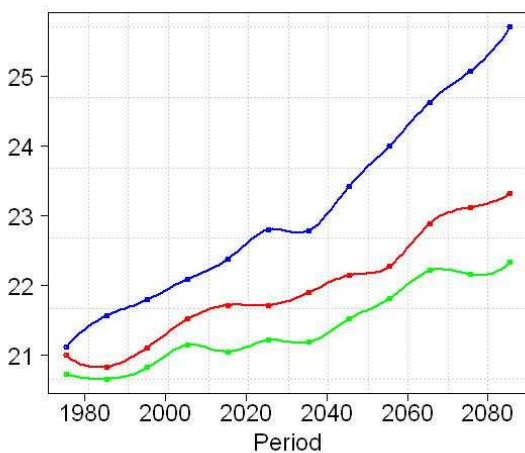
d) Oktobris

**2.11. attēls. Vidējās mēneša diennakts maksimālās temperatūras pieaugums °C tālajā nākotnē 4 raksturīgajās sezonās (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).**



a) Janvāris

b) Aprīlis



c) Jūlijs

d) Oktobris

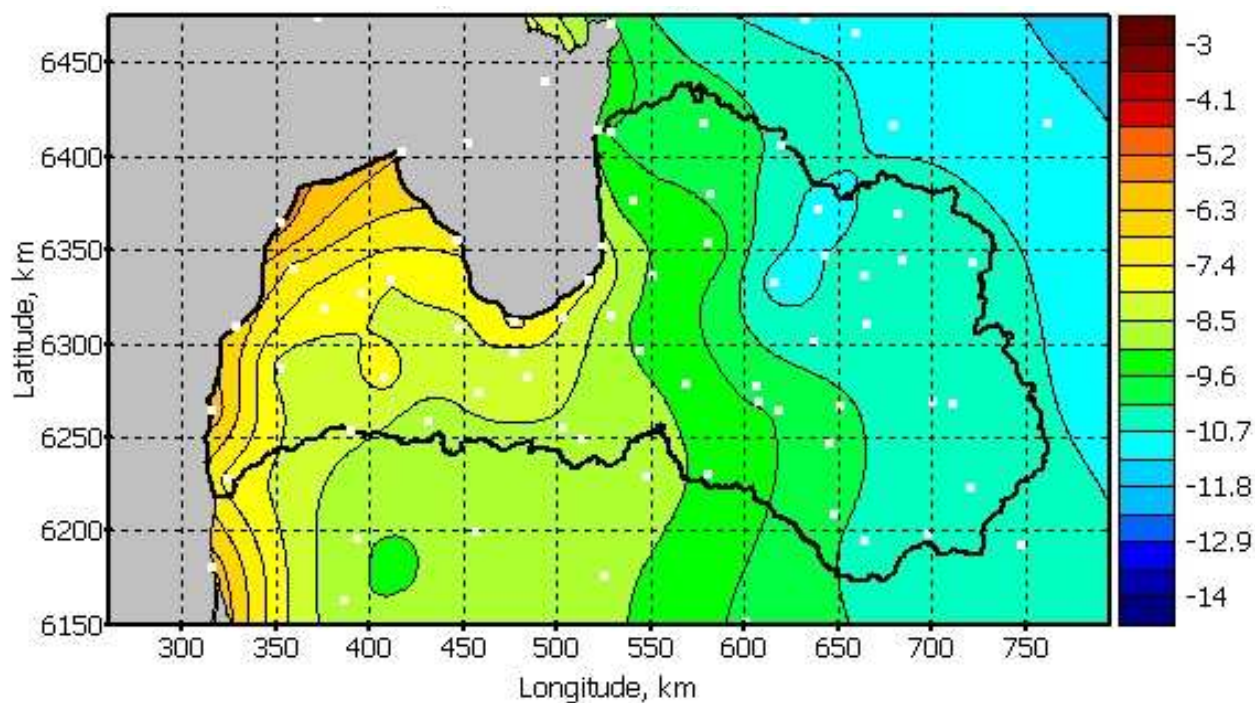
**2.12. attēls. Klimatiskās (30 gadu perioda vidējās) diennakts vidējās maksimālās temperatūras °C Stendē attīstība laikā 4 sezonās - mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zilā līnija) izmaiņu scenārijs.**

Klimatiskas – 30 gadu periodam vidējotas – diennakts maksimālās temperatūras vidējās mēnešu vērtības laika grafiki Stendē parādīti att. 2.12. Apskatot parametra attīstības tendences laikā atsevišķā stacijā - Stendē, redzams, ka visās sezonās visi scenāriji paredz salīdzinoši vienmērīgu tā vērtības pieaugumu, lielākās atšķirības starp scenārijiem ir jūlija mēnesī, kad atšķirība starp vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenāriju pārsniedz 2.5 °C. Raksturīgā pieauguma vērtība no 1961 līdz 2100 gadam ir 4 °C janvārī un oktobrī, bet 2°C - jūlijā.

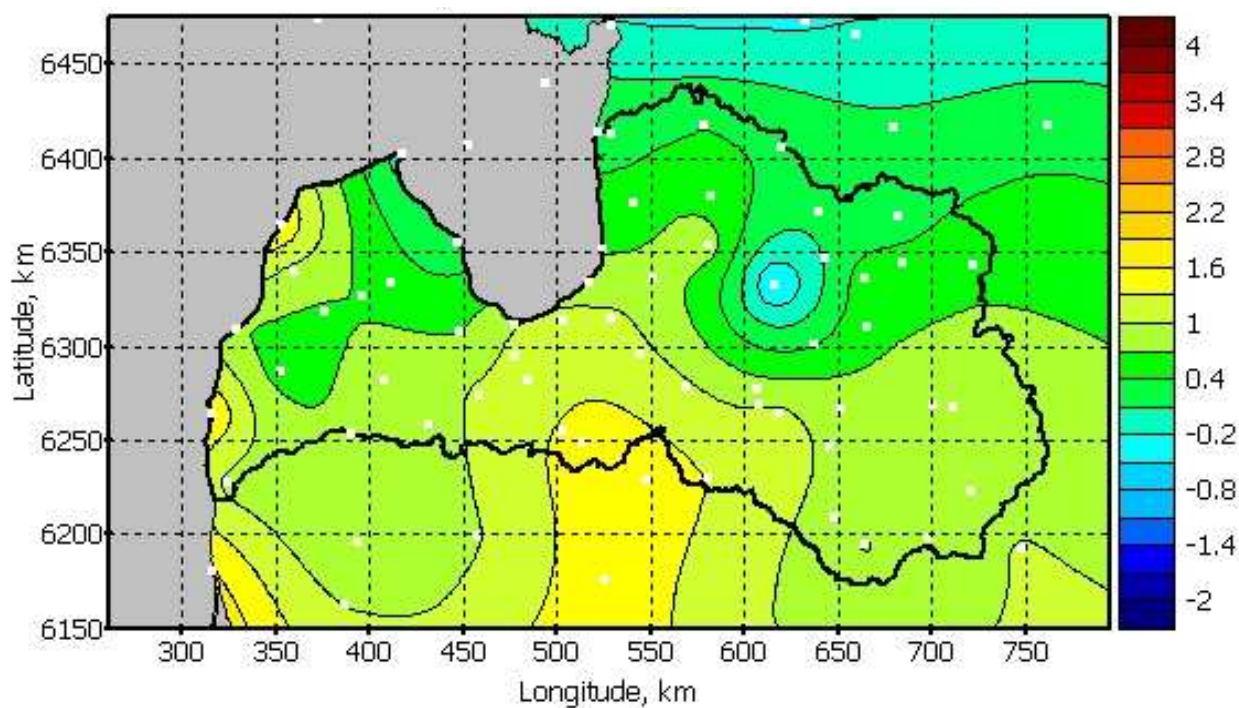


## 7.2 Minimālā diennakts temperatūra

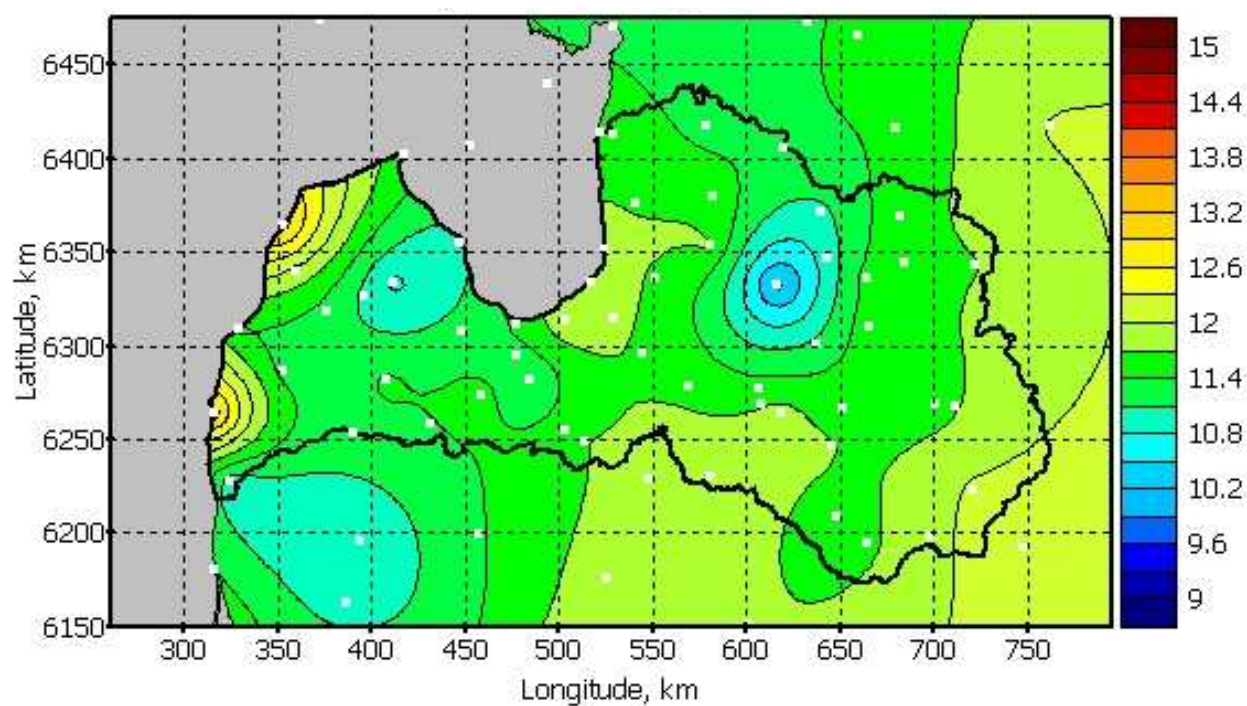
Att. 2.13 parādīts četrām sezonām atbilstošās diennakts minimālās gaisa temperatūras sadalījums mūsdienu klimatam (1961-1990), bet att. 2.14-2.15 – tās sagaidāmais pieaugums tuvajai (2021-2050) un tālajai (2071-2100) nākotnei vidēju un nozīmīgu klimata izmaiņu gadījumā.



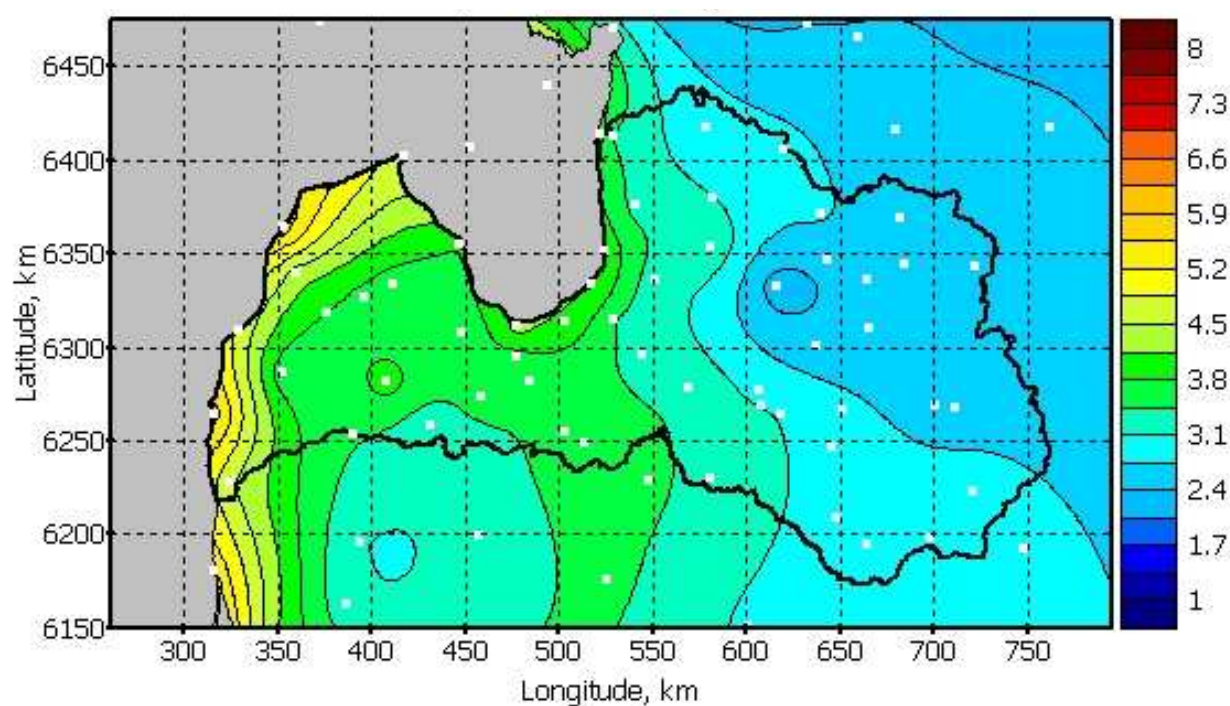
a) Janvāris



b) Aprīlis



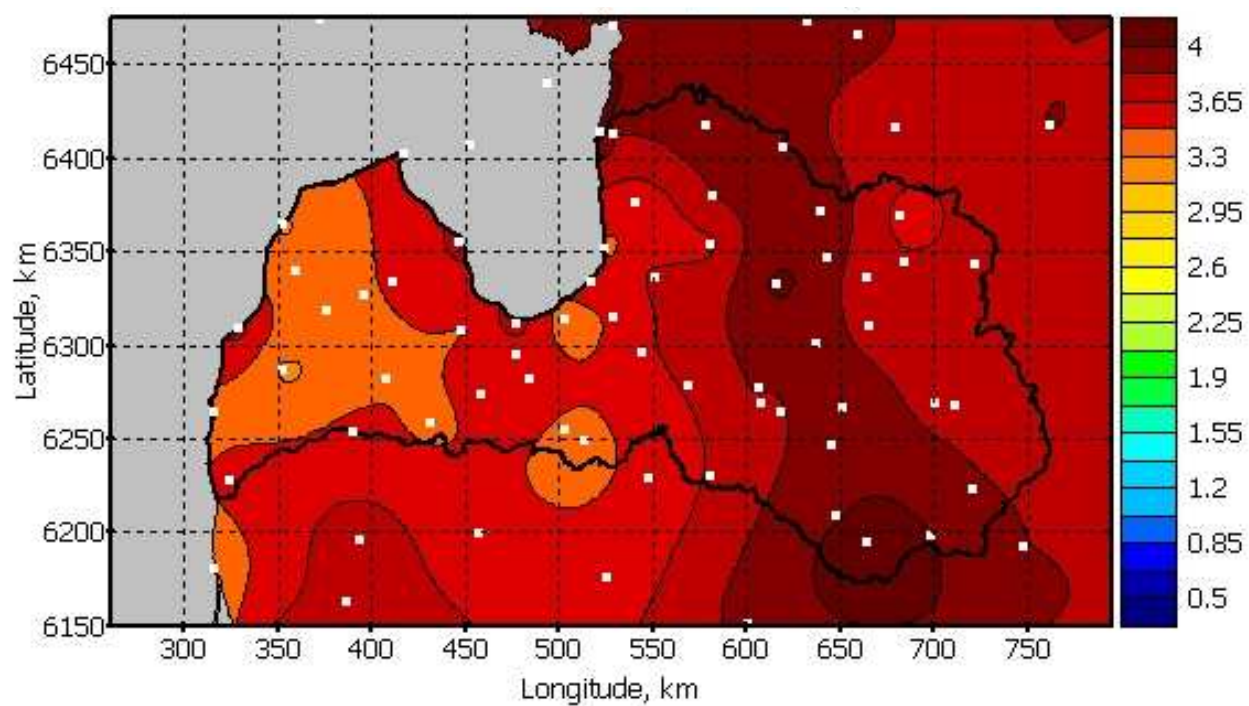
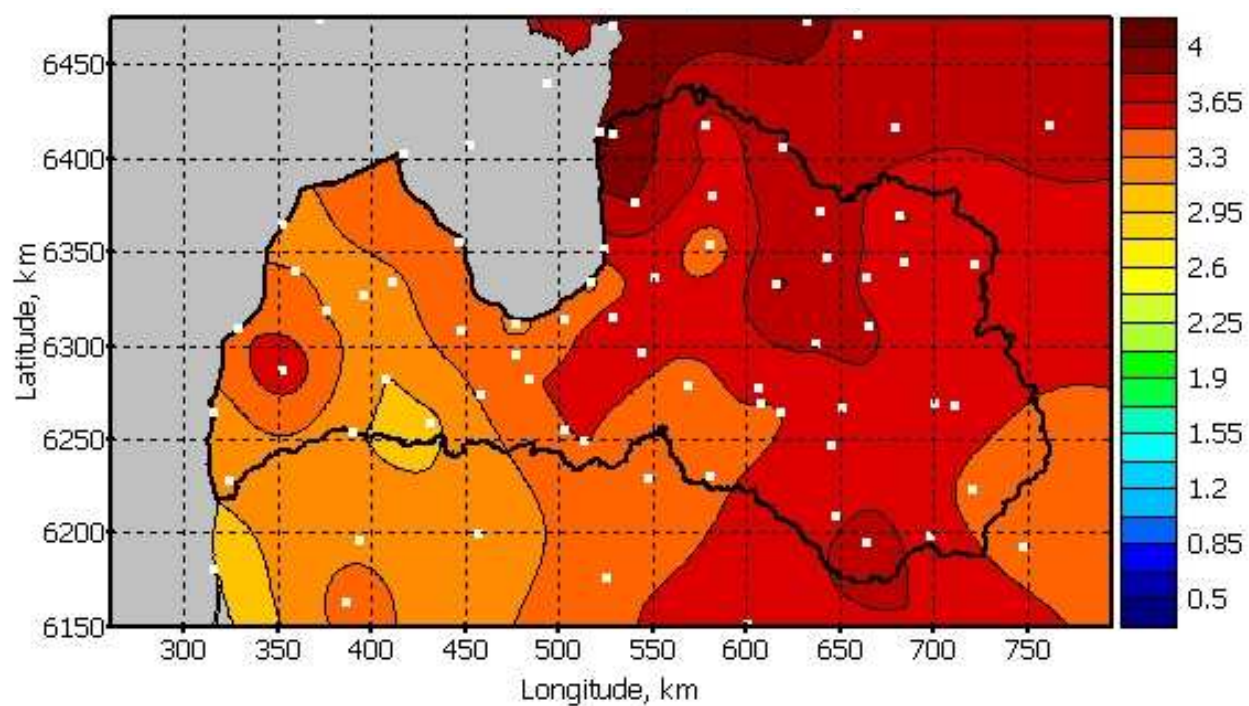
c) Jūlijs



d) Oktobris

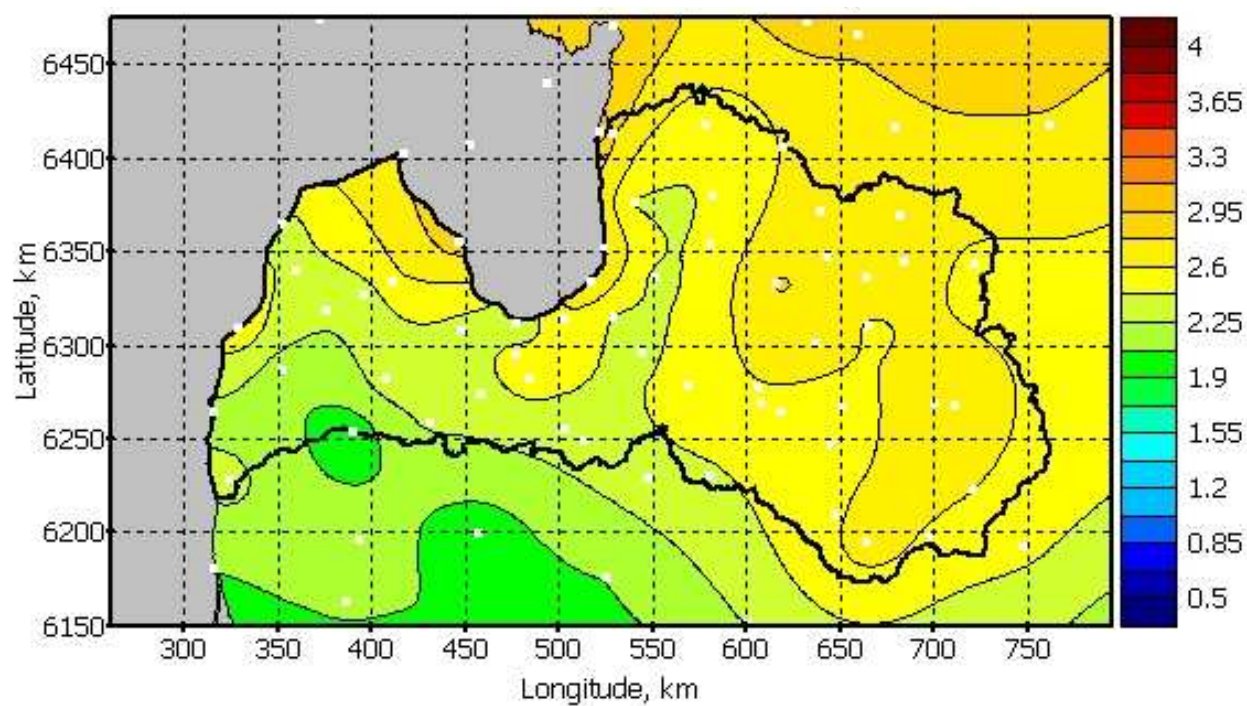
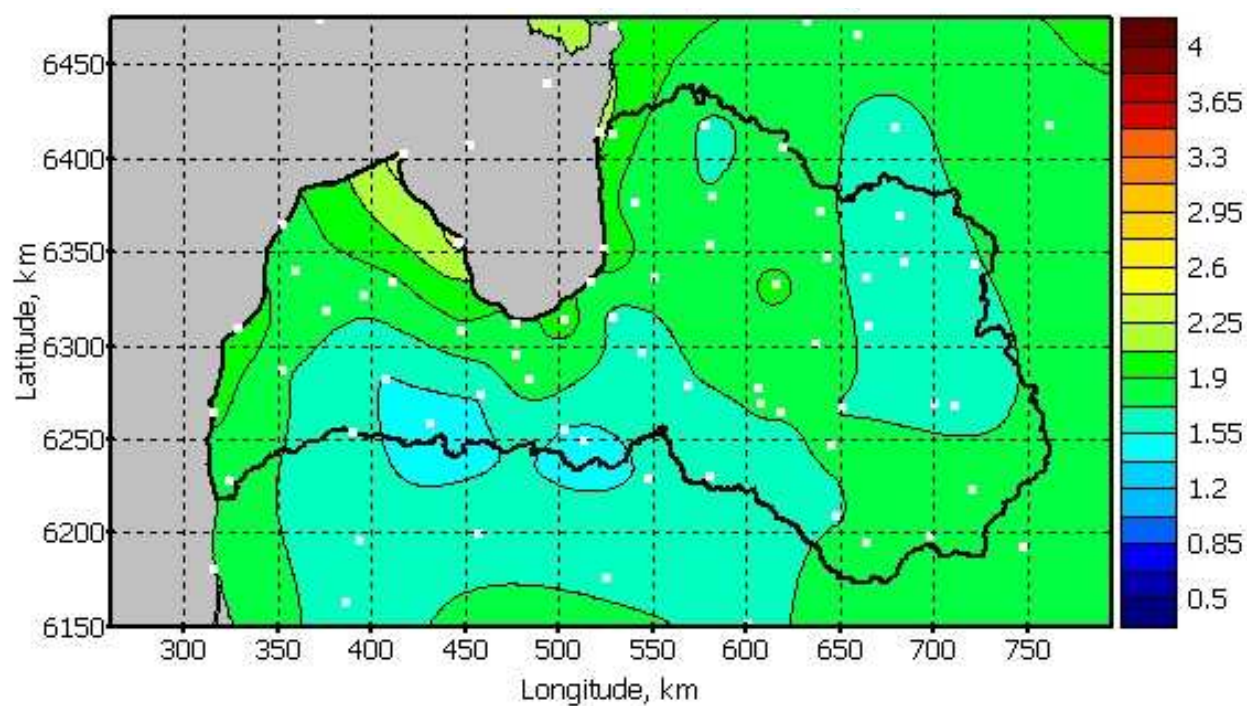
**2.13. attēls. Vidējā mēneša diennakts minimālā temperatūra 4 raksturīgajās sezonās kontroles periodā 1961-1990.**



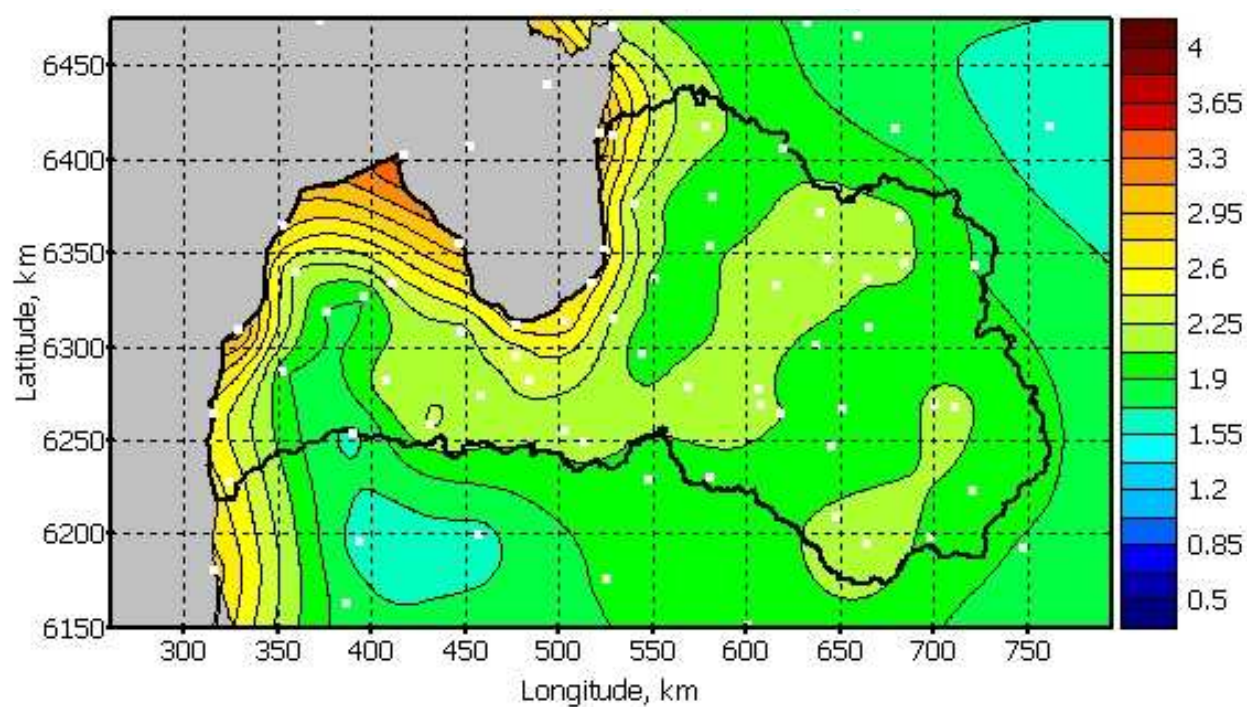
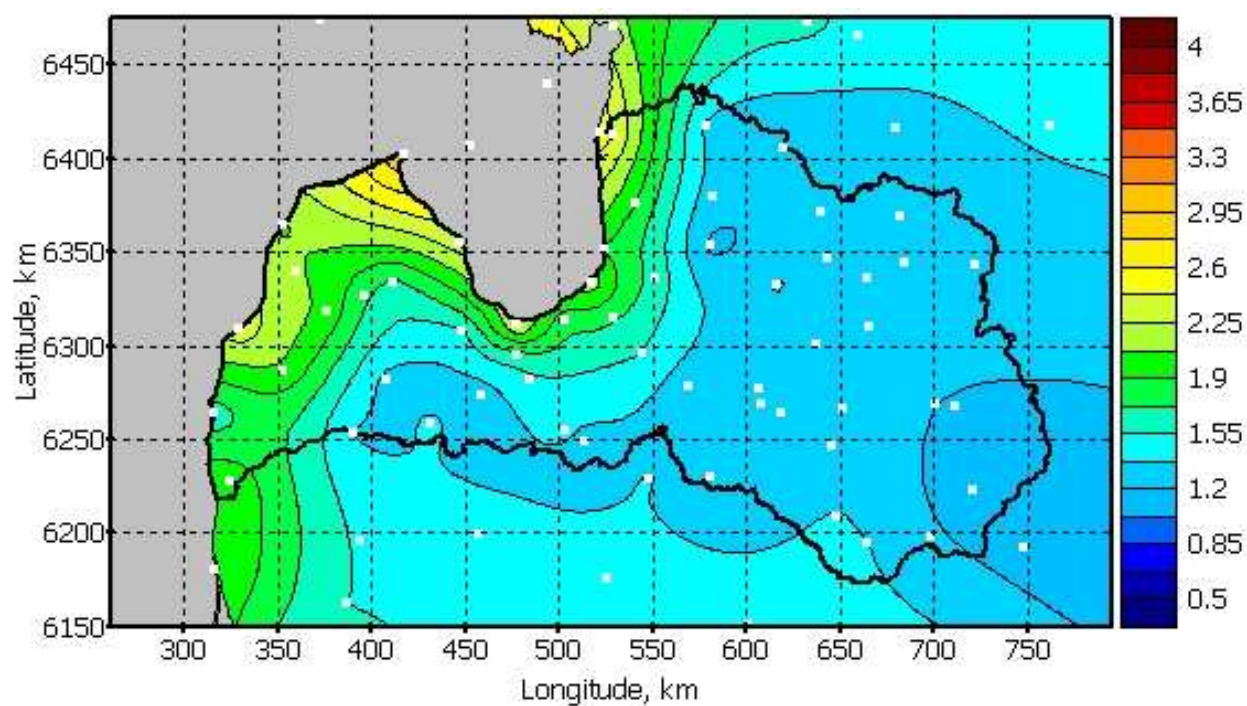


a) Janvāris



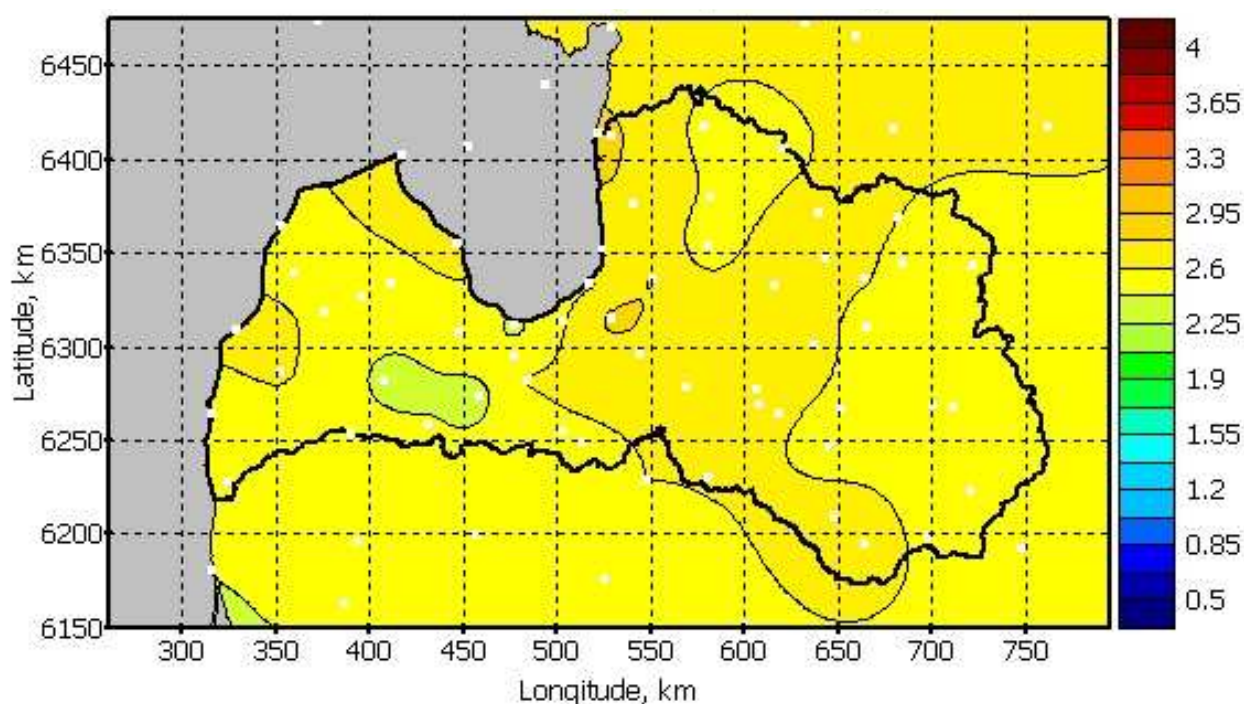
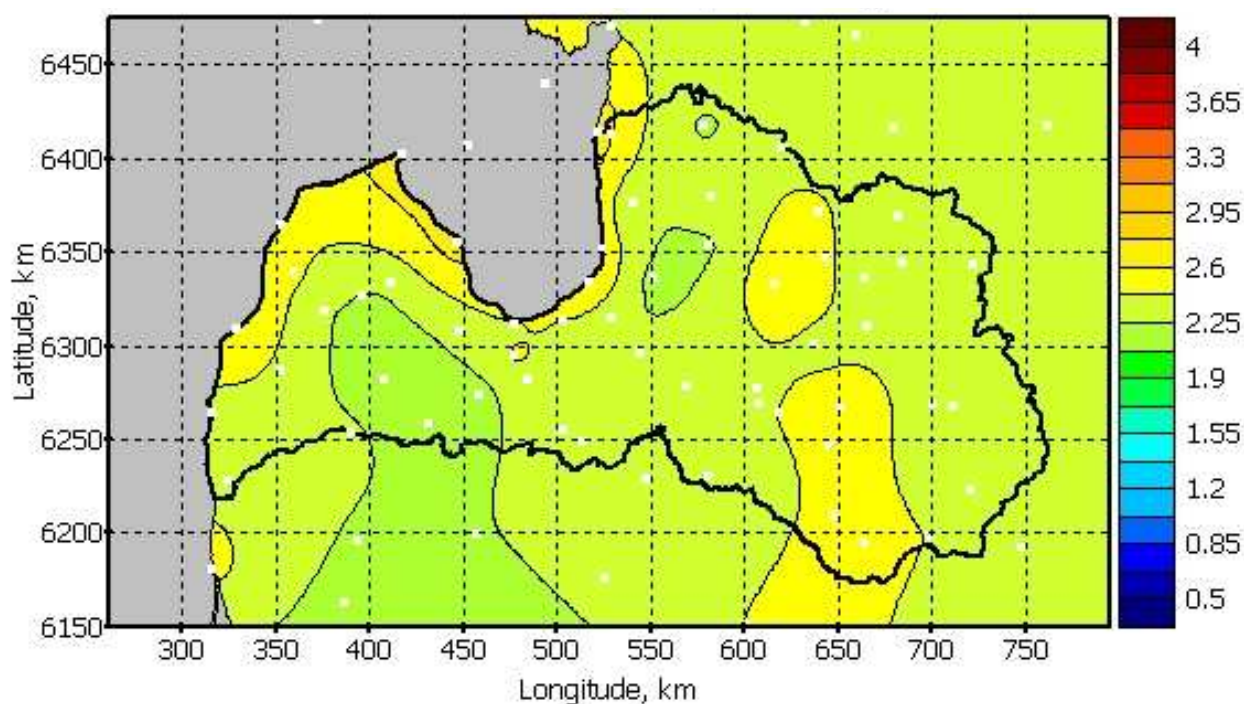


*b) Aprilis*



c) Jūlijs



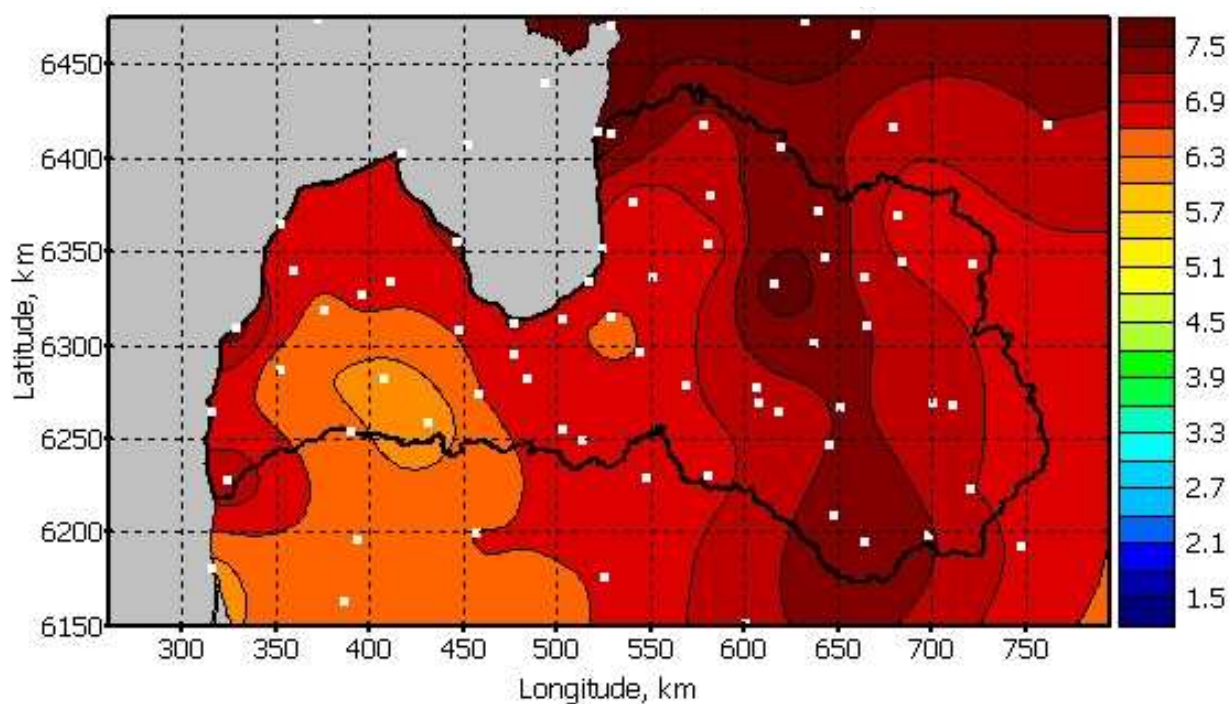
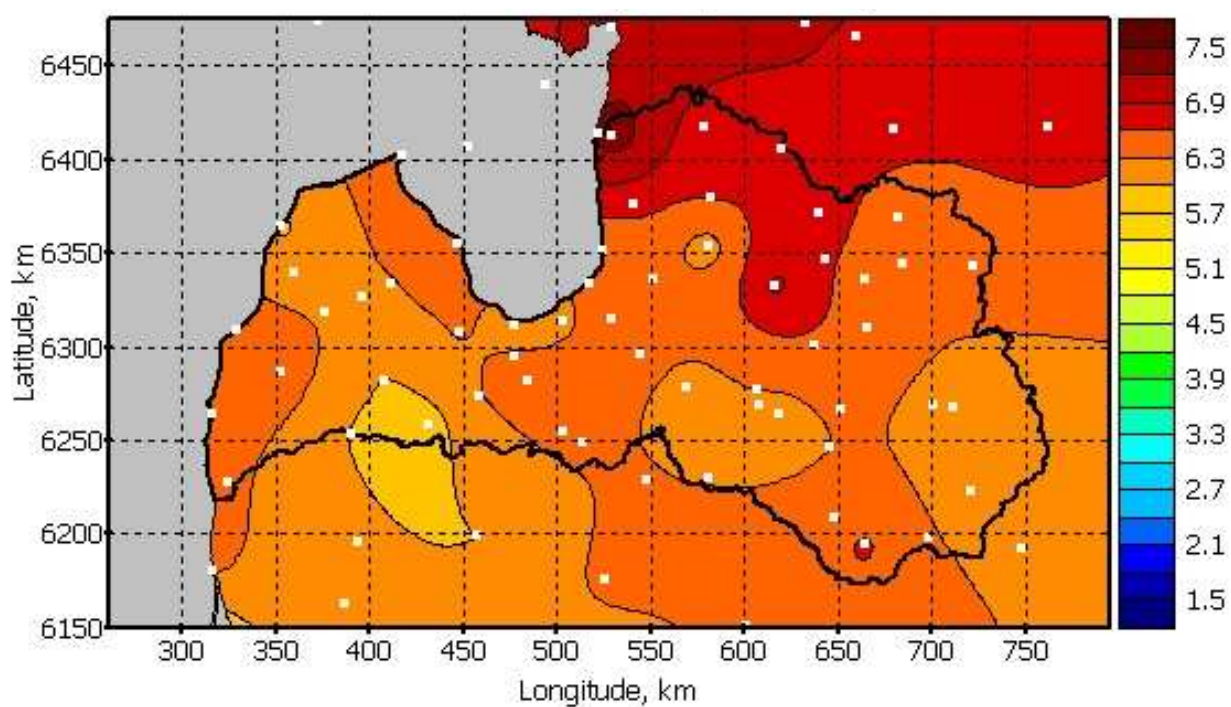


d) Oktobris

**2.14. attēls. Vidējās mēneša diennakts minimālās temperatūras pieaugums tuvajā nākotnē °C 4 raksturīgajās sezonās (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).**

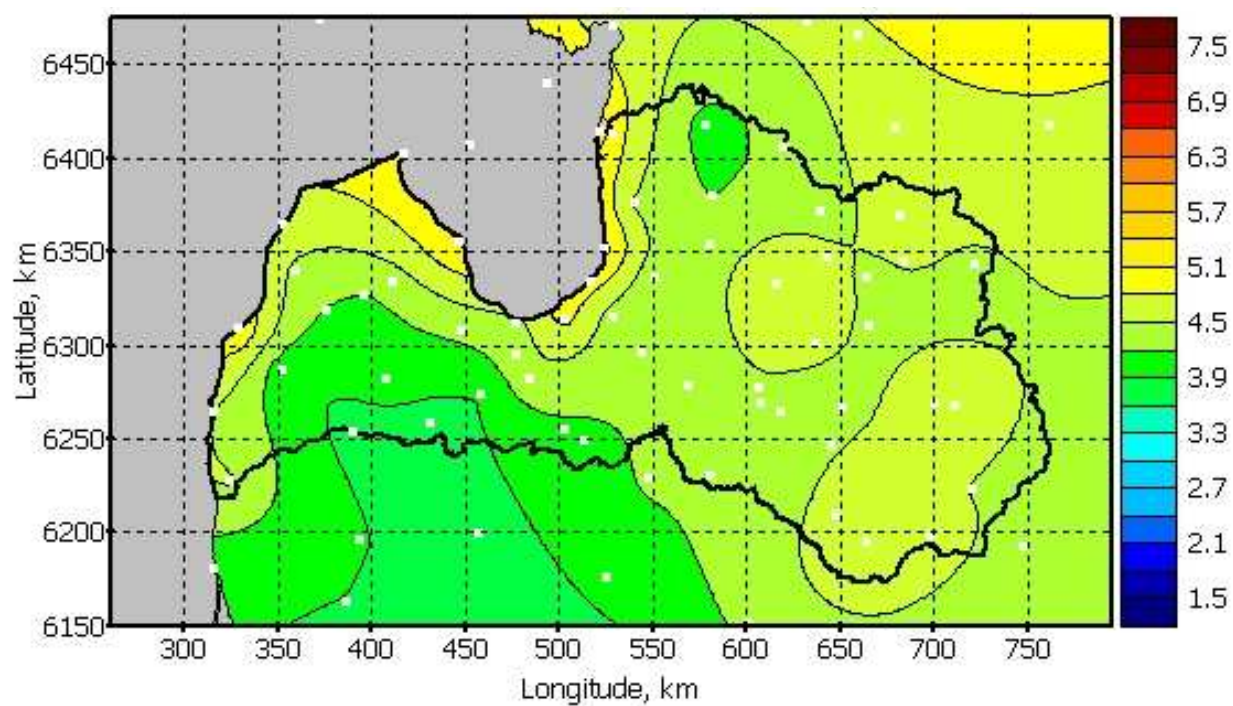
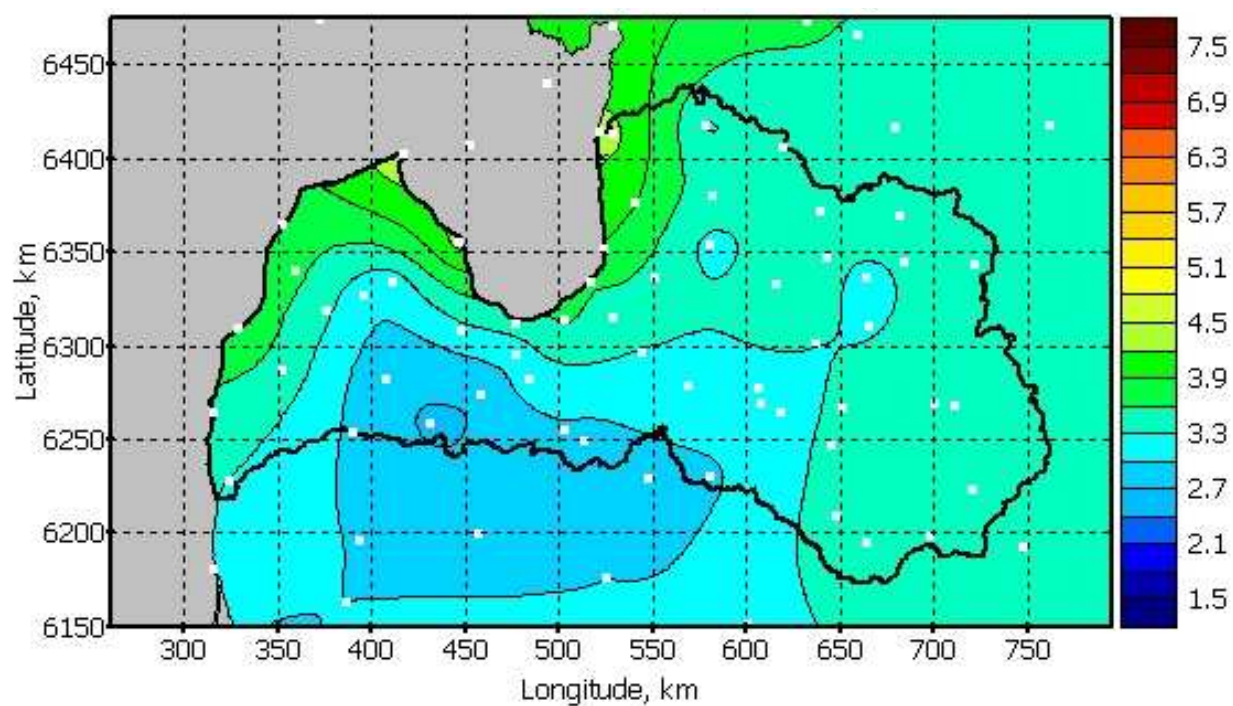
Abi scenāriji visos 4 mēnešos paredz vidējās diennakts minimālās temperatūras pieaugumu. Tuvajā nākotnē lielāks vidējās diennakts minimālās temperatūras pieaugums gaidāms janvārī – līdz 3-4 grādiem. Lielāks pieaugums paredzams Latvijas Z-ZA daļā. Aprīļa, jūlija un oktobra mēnešos vidējās diennakts minimālās temperatūras izmaiņas paredzamas mazākas, t.i. vidēju izmaiņu scenārija gadījumā par 1.5-2.2 grādiem aprīlī, 1.1-2.6 grādiem jūlijā un 2.1-2.7 grādiem

oktobrī. Vislielākās teritoriālās pieauguma atšķirības paredzamas jūlijā, kad Latvijas DA reģionā pieaugums iespējams par gandrīz 1.5 grādiem mazāks nekā Baltijas jūras piekrastes rajonos.



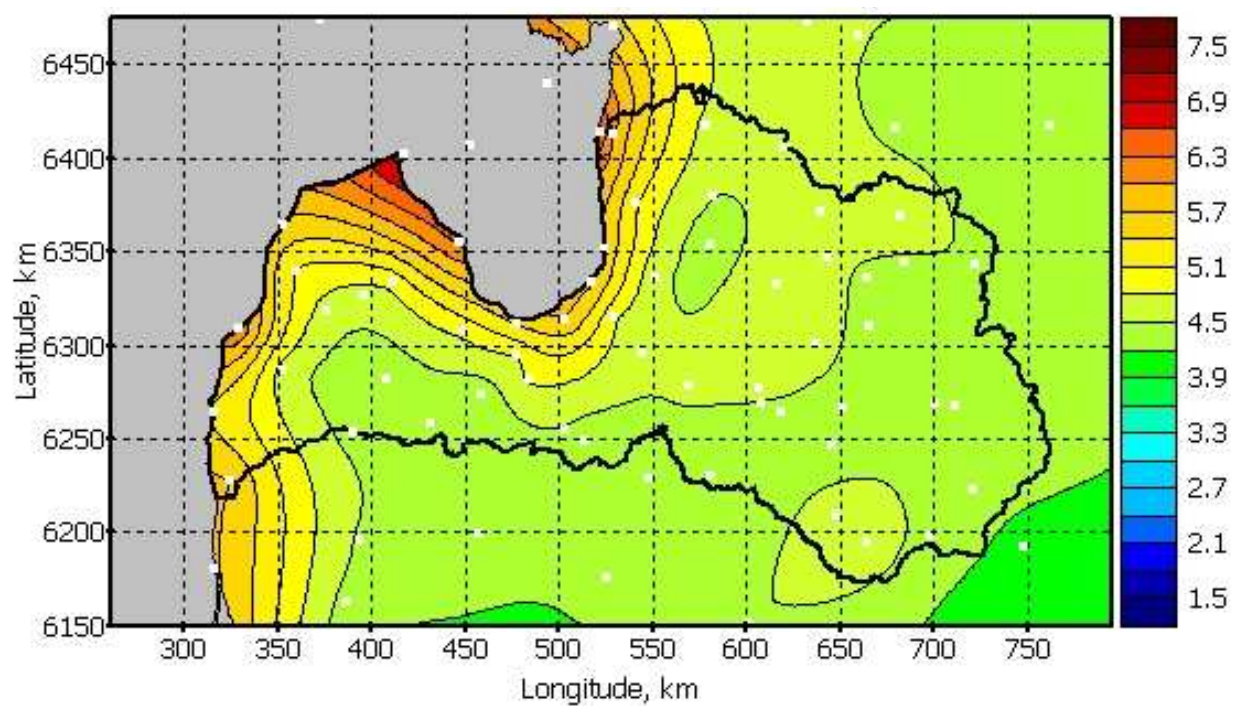
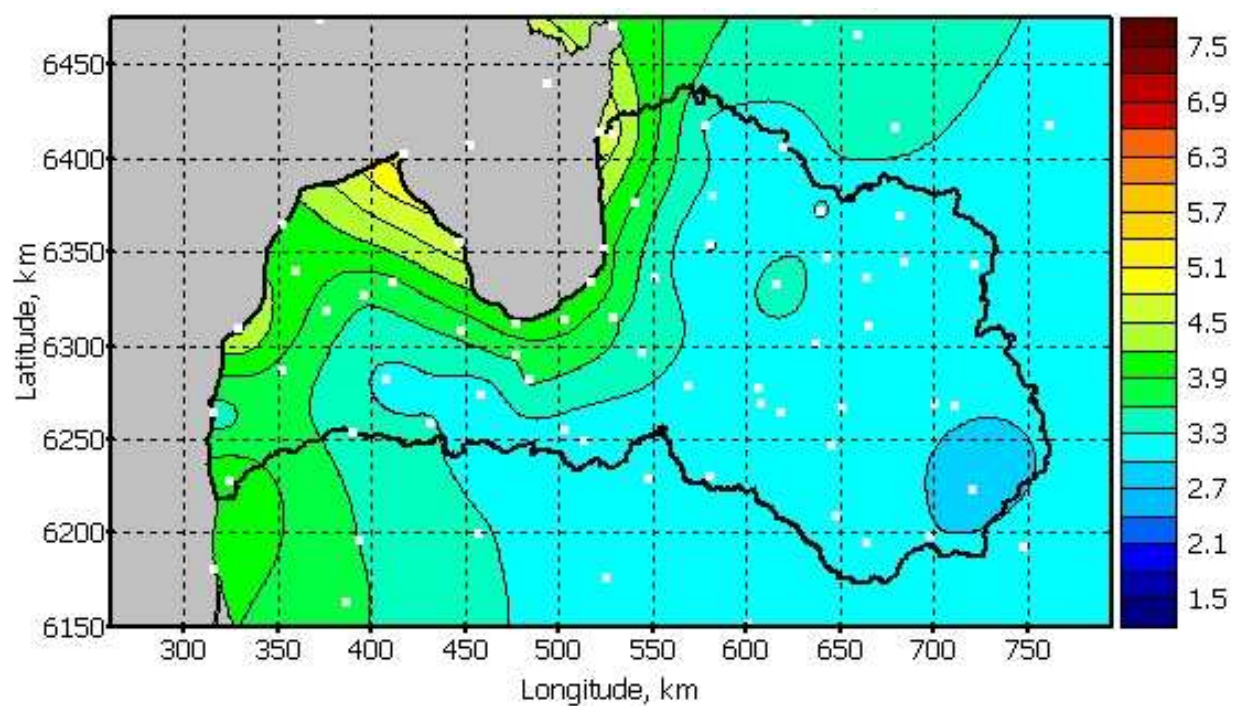
a) Janvāris



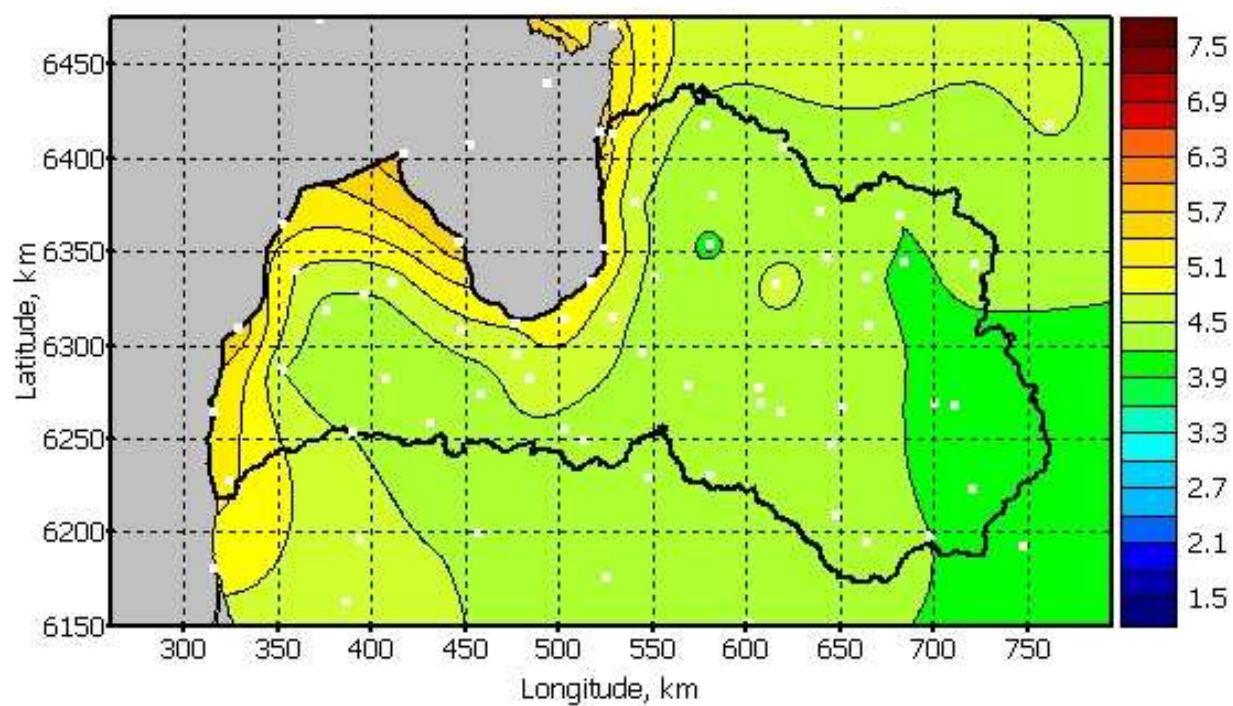
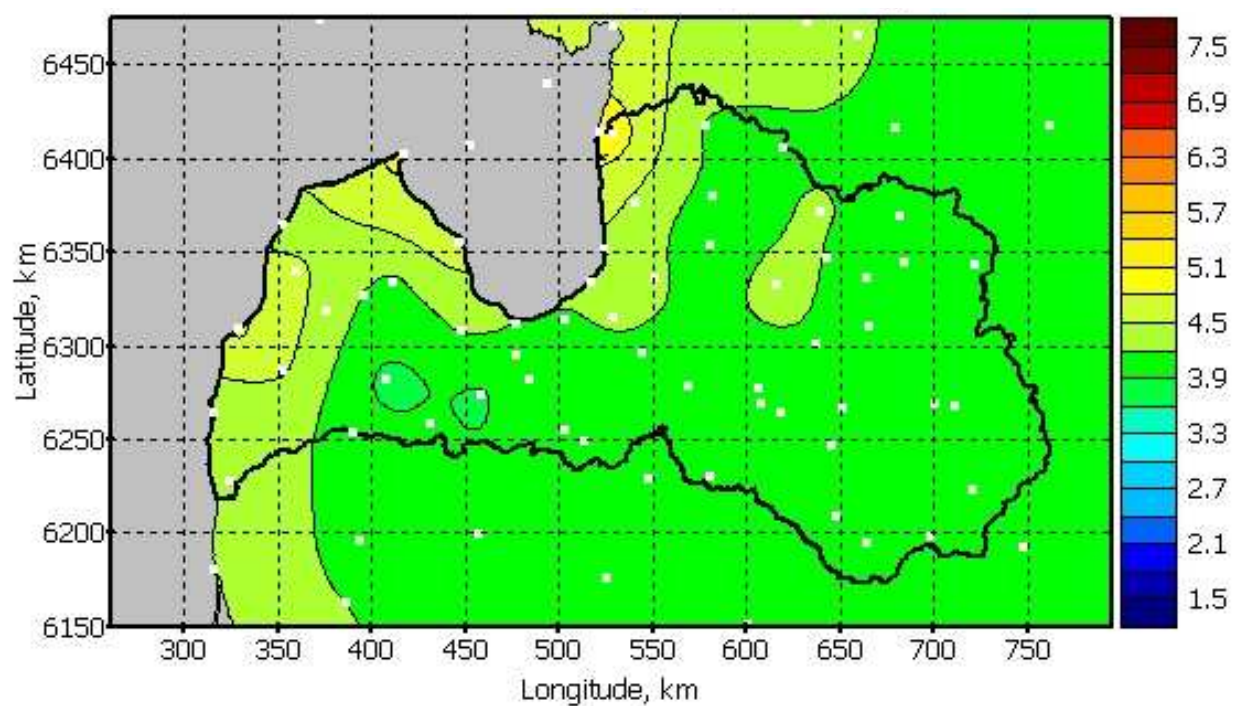


*b) Aprilis*



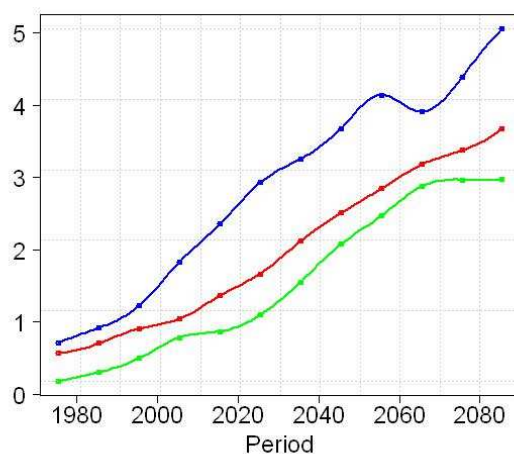
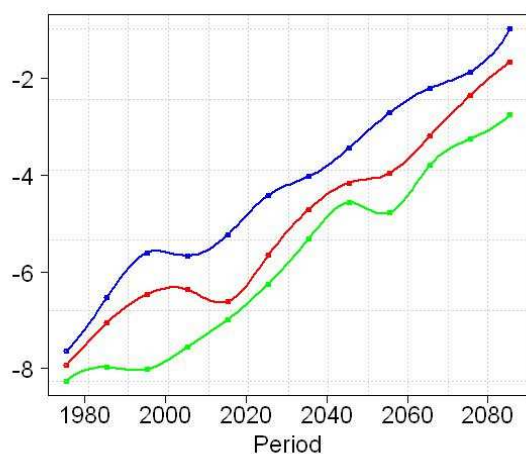


c) Jūlijs

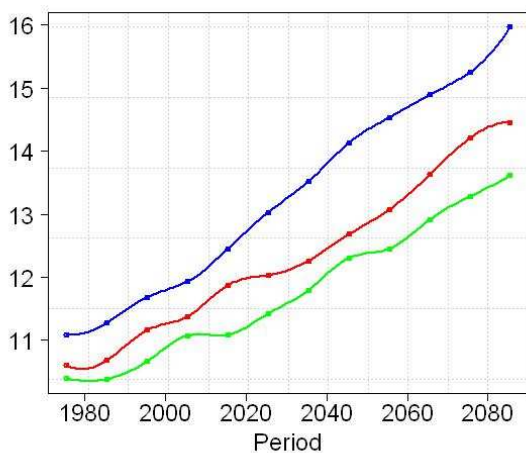


d) Oktobris

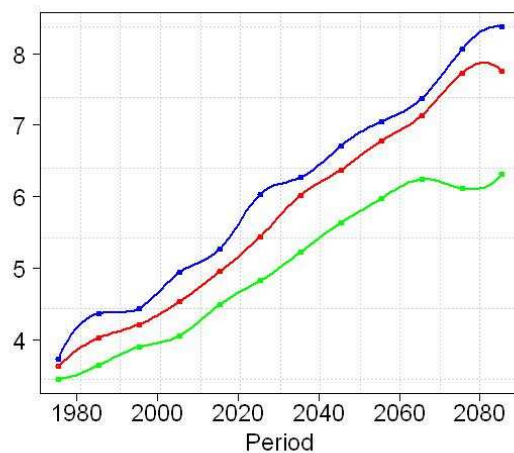
**2.15. attēls. Vidējās mēneša diennakts minimālās temperatūras pieaugums °C tālajā nākotnē 4 raksturīgajās sezonās (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).**



a) Janvāris



b) Aprīlis



c) Jūlijs

d) Oktobris

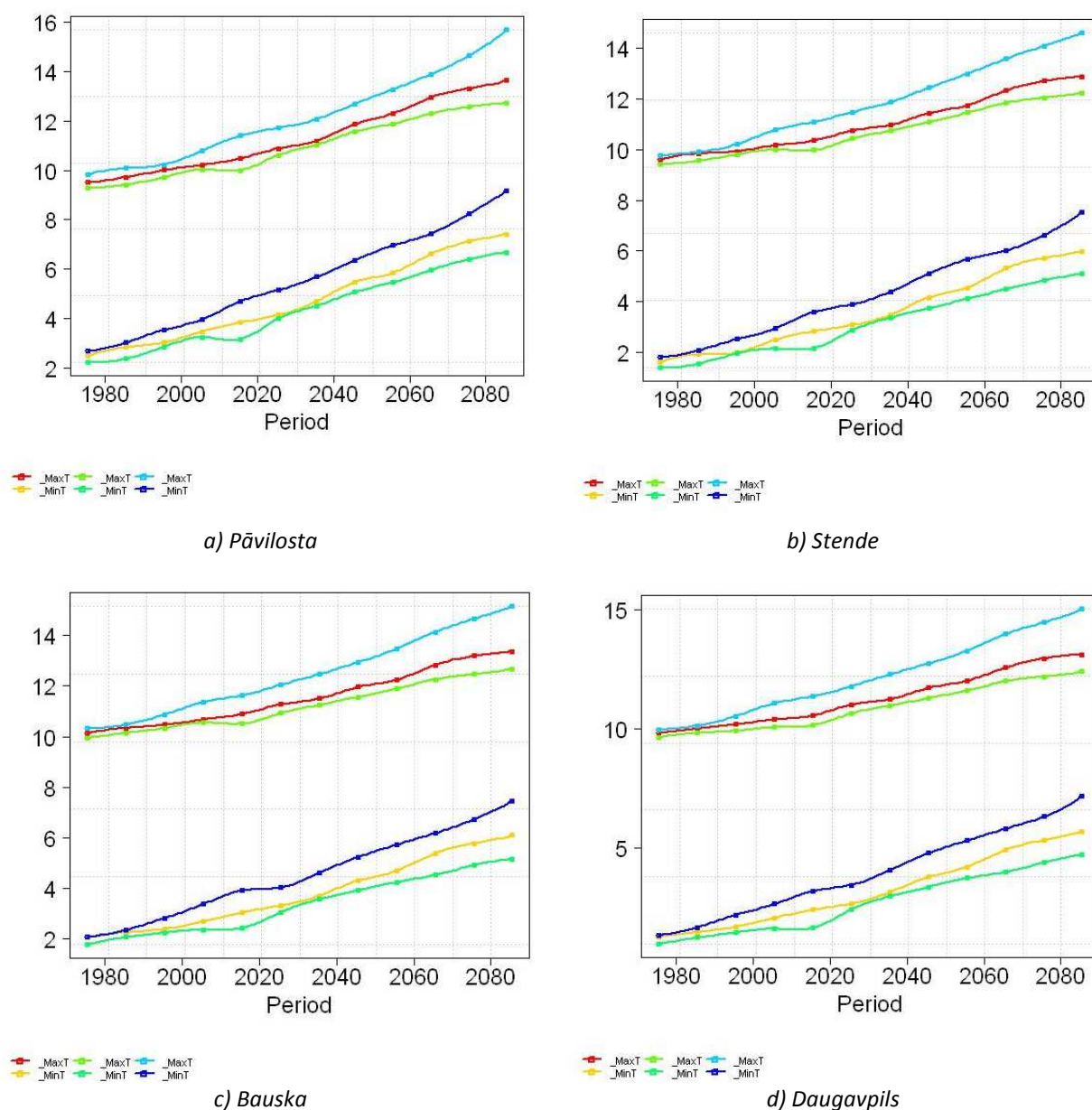
**2.16. attēls. Klimatiskās (30 gadu perioda vidējās) diennakts vidējās minimālās temperatūras °C Stendē attīstība laikā 4 sezonās - mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zilā līnija) izmaiņu scenārijs.**

Klimatiskas – 30 gadu periodam vidējotas – diennakts minimālās temperatūras vidējās mēnešu vērtības laika grafiki Stendē parādīti att. 2.16. Salīdzinot minimālās temperatūras pieaugumu ar att. 12 parādīto maksimālās temperatūras pieaugumu, redzams, ka minimālā temperatūra visās sezonās pieaug straujāk. Raksturīgā diennakts minimālās temperatūras pieauguma vērtība janvārī ir 6°C, bet jūlijā tā ir vismazākā – 3°C.

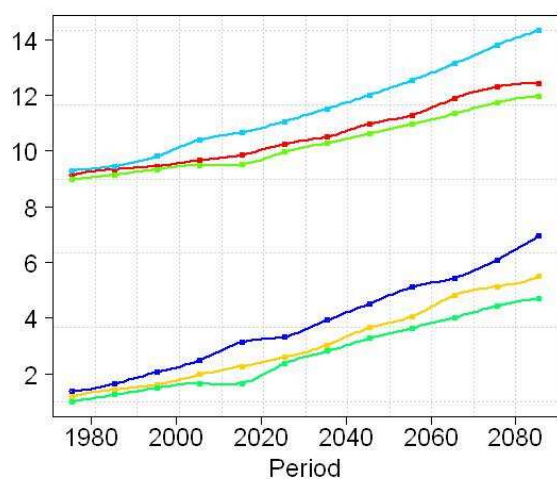


### 7.3 Klimatisko ekstremālo diennakts temperatūru attīstība laikā

Par klimatiskajām gada ekstremālajām temperatūrām pieņemsim 30 gadu periodam vidējotu diennakts gaisa ekstremālo temperatūru vērtības. Att. 2.17 parādītas klimatiskās diennakts minimālās un maksimālās temperatūras izmaiņas laikā astoņām novērojumu stacijām atbilstoši 3 aplūkojamām – mērenai, vidējai un nozīmīgai – klimata izmaiņām. Projekciju kopsavilkums sniegts 2.5-2.6 tabulās.

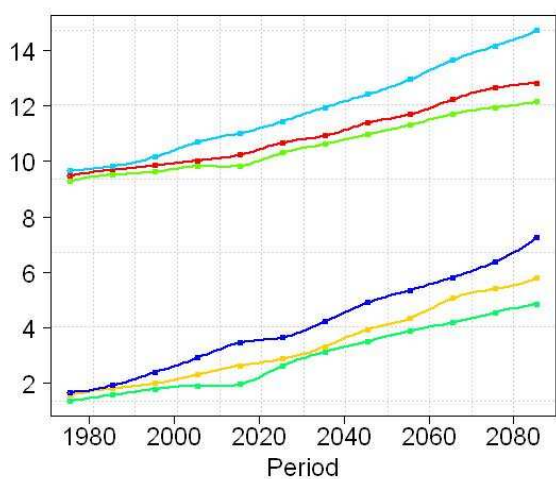






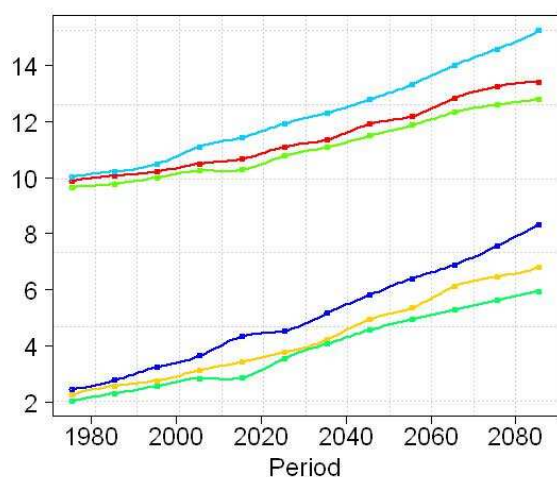
\_MaxT  
 \_MinT

e) Rūjiena



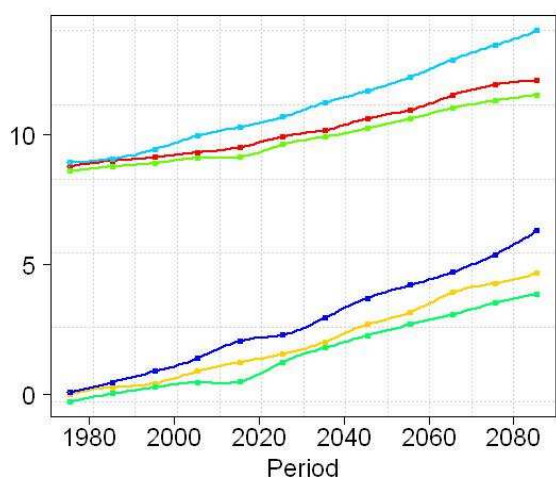
\_MaxT  
 \_MinT

f) Zilāni



\_MaxT  
 \_MinT

g) Rīga



\_MaxT  
 \_MinT

h) Zosēni

**2.17. attēls. 30 gadu perioda vidējās diennakts maksimālās un minimālās temperatūras pieauguma tendences laikā (mēreno, vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs) dažādās stacijās.**

Att. 2.17 redzams, ka visās no apskatītajām stacijām gan 30 gadu vidējā diennakts minimālā, gan maksimālā temperatūra vienmērīgi aug un gadā vidēji kļūdu robežās abiem no parametriem augšana ir vienlīdz strauja.

## 30 gadu vidējā diennakts maksimālā temperatūra un tās pieaugums °C dažādās stacijās

Stacija	Scenārijs	Kontroles periods	Tuvā nākotne	Tālā nākotne	Pieaugums tuvā nākotnē	Pieaugums tālā nākotnē
Daugavpils	mēreno izmaiņu	9.6	11.0	12.4	1.3	2.8
	vidējo izmaiņu	9.8	11.3	13.1	1.4	3.3
	nozīmīgo izmaiņu	10.0	12.2	15.0	2.2	5.1
Bauska	mēreno izmaiņu	10.0	11.3	12.7	1.3	2.6
	vidējo izmaiņu	10.2	11.5	13.4	1.4	3.2
	nozīmīgo izmaiņu	10.3	12.4	15.2	2.1	4.9
Rūjiena	mēreno izmaiņu	9.0	10.3	12.0	1.3	2.9
	vidējo izmaiņu	9.2	10.6	12.4	1.4	3.3
	nozīmīgo izmaiņu	9.3	11.5	14.3	2.2	5.0
Stende	mēreno izmaiņu	9.5	10.8	12.2	1.3	2.7
	vidējo izmaiņu	9.6	11.0	12.9	1.4	3.2
	nozīmīgo izmaiņu	9.7	11.9	14.6	2.2	4.9
Zīlāni	mēreno izmaiņu	9.4	10.7	12.2	1.3	2.8
	vidējo izmaiņu	9.5	10.9	12.8	1.4	3.3
	nozīmīgo izmaiņu	9.7	11.8	14.7	2.2	5.1
Zosēni	mēreno izmaiņu	8.7	9.9	11.5	1.3	2.9
	vidējo izmaiņu	8.8	10.2	12.1	1.4	3.3
	nozīmīgo izmaiņu	8.9	11.1	14.0	2.2	5.1
Pāvilosta	mēreno izmaiņu	9.3	11.1	12.7	1.8	3.4
	vidējo izmaiņu	9.6	11.4	13.7	1.8	4.0
	nozīmīgo izmaiņu	9.8	12.2	15.7	2.4	5.9

## 30 gadu vidējā diennakts minimālā temperatūra un tās pieaugums °C dažādās stacijās

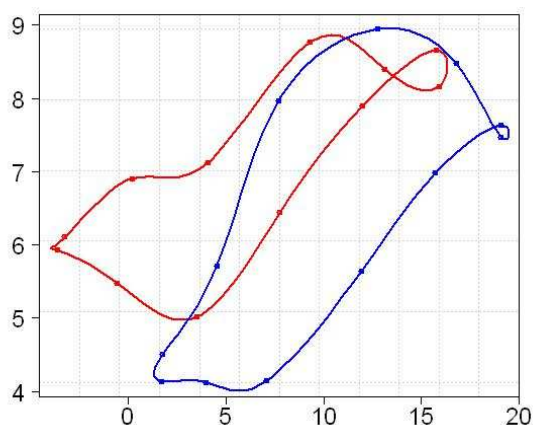
Stacija	Scenārijs	Kontroles periods	Tuvā nākotne	Tālā nākotne	Pieaugums tuvā nākotnē	Pieaugums tālā nākotnē
Daugavpils	mēreno izmaiņu	1.0	3.0	4.7	2.0	3.7
	vidējo izmaiņu	1.3	3.2	5.7	1.9	4.4
	nozīmīgo izmaiņu	1.4	4.1	7.2	2.7	5.7
Bauska	mēreno izmaiņu	1.9	3.6	5.2	1.7	3.3
	vidējo izmaiņu	2.0	3.7	6.1	1.7	4.1
	nozīmīgo izmaiņu	2.1	4.6	7.5	2.5	5.4
Rūjiena	mēreno izmaiņu	1.0	2.8	4.7	1.8	3.7
	vidējo izmaiņu	1.2	3.1	5.5	1.9	4.3
	nozīmīgo izmaiņu	1.4	4.0	7.0	2.6	5.6
Stende	mēreno izmaiņu	1.4	3.4	5.1	1.9	3.7
	vidējo izmaiņu	1.7	3.6	6.0	1.9	4.3
	nozīmīgo izmaiņu	1.8	4.6	7.5	2.7	5.7
Zilāni	mēreno izmaiņu	1.4	3.2	4.9	1.7	3.4
	vidējo izmaiņu	1.6	3.4	5.8	1.8	4.2
	nozīmīgo izmaiņu	1.7	4.3	7.2	2.5	5.5
Zosēni	mēreno izmaiņu	-0.2	1.9	3.8	2.1	4.0
	vidējo izmaiņu	0.0	2.1	4.7	2.0	4.7
	nozīmīgo izmaiņu	0.2	3.0	6.3	2.9	6.1
Pāvilosta	mēreno izmaiņu	2.3	4.6	6.7	2.3	4.4
	vidējo izmaiņu	2.6	4.9	7.4	2.3	4.8
	nozīmīgo izmaiņu	2.7	5.9	9.2	3.2	6.5

## 7.4 Starpība starp diennakts maksimālo un minimālo temperatūru

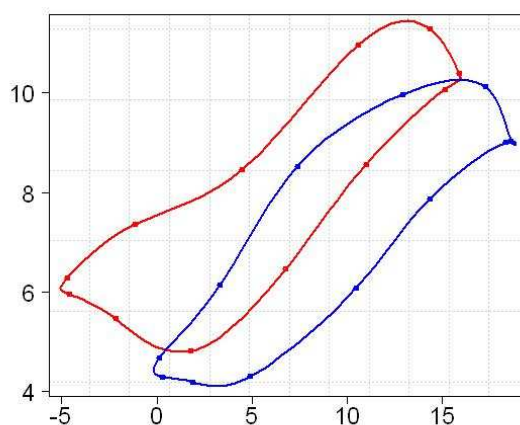
Mēneša vidējās temperatūras un starpības starp mēneša vidējo maksimālo un minimālo diennakts temperatūru funkcionālā atkarība mūsdienu klimatam (1961-1990) un tālajai nākotnei (2071-2100) dažādās stacijās parādīta att. 2.18. Savukārt att. 2.19 karšu formā attēlota sezonālā vidējā starpība starp diennakts ekstremālajām temperatūrām mūsdienu klimatam, bet att. 2.20 – šīs starpības sezonālā izmaiņa starp mūsdienu klimatu un tālo (2071-2100) nākotni vidēju un nozīmīgu izmaiņu scenārijiem.

Analizējot situāciju kontroles periodā, redzams, ka visās stacijās pie tās pašas diennakts vidējās temperatūras starpība starp mēneša vidējo maksimālo un minimālo diennakts temperatūru pavasara un rudens sezonās atšķiras, lielāku vērtību sasniedzot pavasara sezonā – kas liecina par lielākām diennakts temperatūras atšķirībām pavasara sezonā.

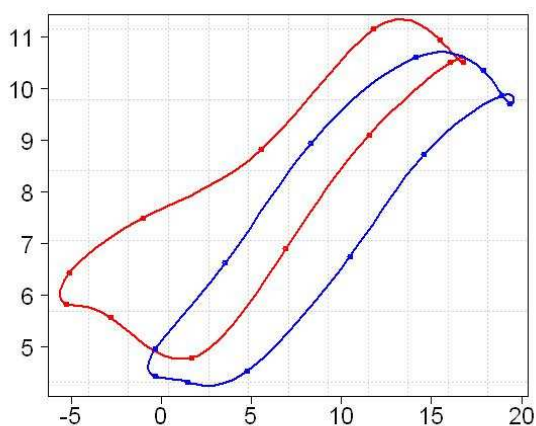
Salīdzinot situāciju periodā 2071-2100 ar kontroles periodu, visās stacijās uzskatāmi redzama visu mēnešu vidējās temperatūras palielināšanās tajā pat laikā vienlaikus lielākā daļā mēnešu arī samazinoties starpībai starp mēneša vidējo maksimālo un minimālo diennakts temperatūru.



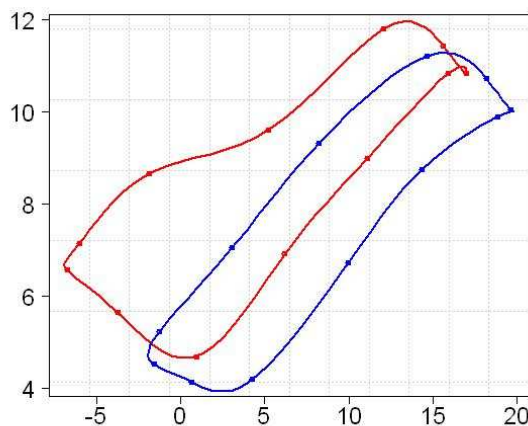
a) Pāvilosta



b) Stende

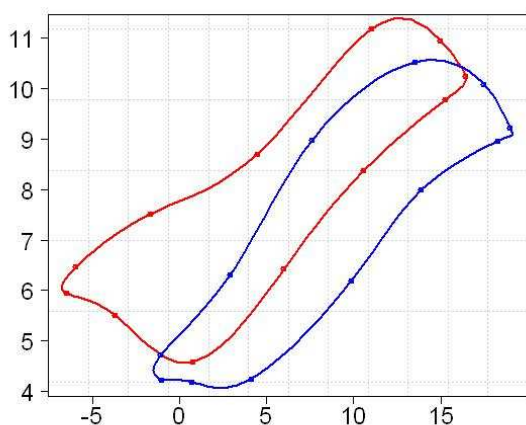


c) Bauska

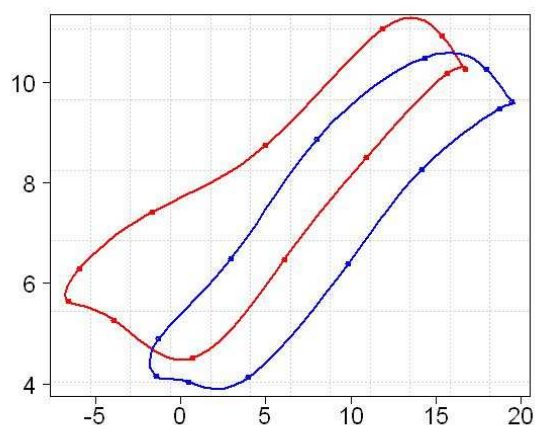


d) Daugavpils

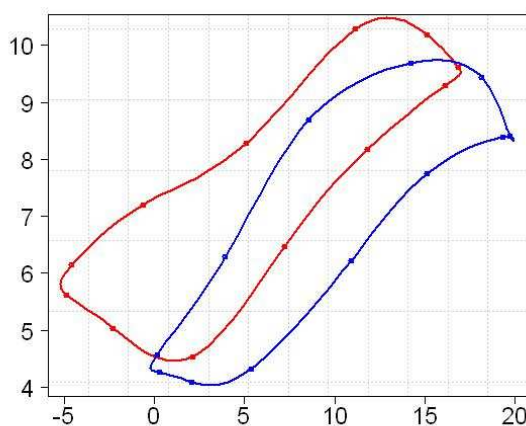




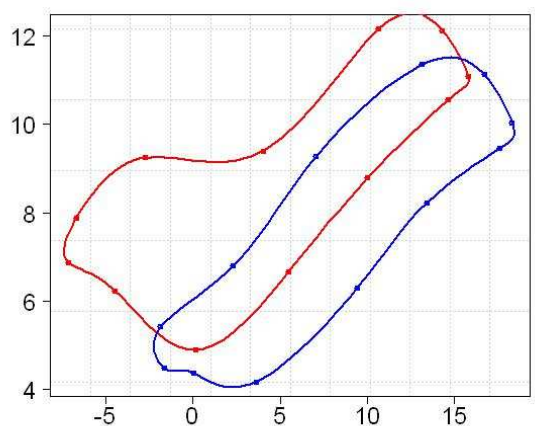
e) Rūjiena



f) Zilāni



g) Rīga

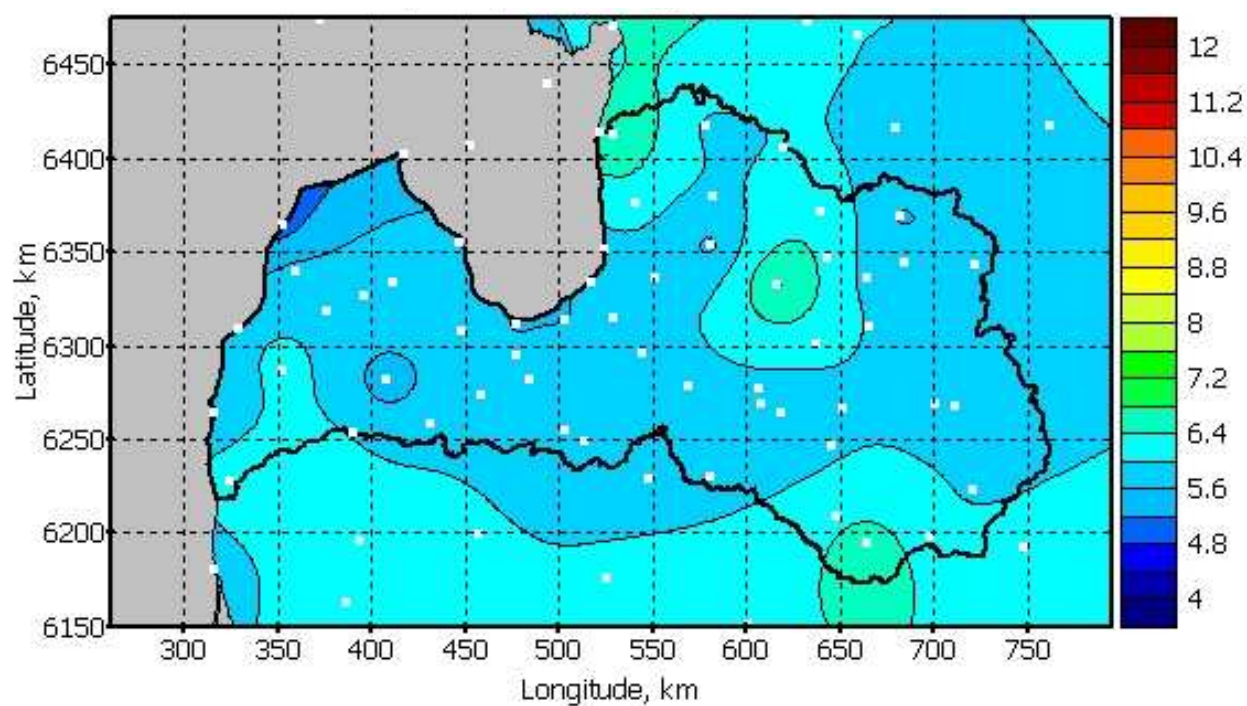


h) Zosēni

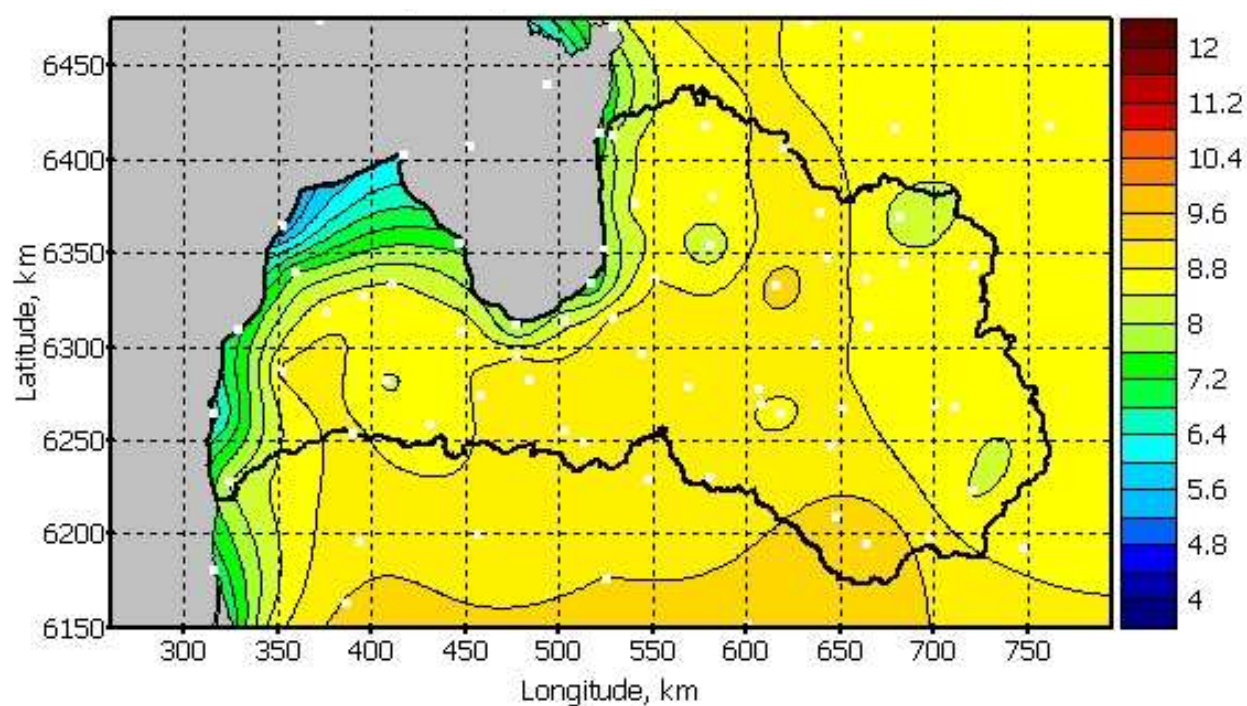
**2.18. attēls. Mēneša vidējās temperatūras (uz horizontālās ass, °C) un starpības starp mēneša vidējo maksimālo un minimālo diennakts temperatūru (uz vertikālās ass °C) saistība 1961-1990 (sarkanā līnija), 2071-2100 (zilā līnija) dažādās stacijās.**

Kontroles periodā maksimālā starpība starp mēneša vidējo diennakts maksimālo un minimālo temperatūru ir vērojama Zosēnos un Daugavpilī (sasniedzot gandrīz 12 grādus), bet minimālā starpība – Pāvilostā (nepārsniedzot 9 grādus). Tālajā nākotnē (2071-2100) vasaras mēnešos starpība Pāvilostā būtiski nemainīsies, savukārt citās stacijās (izvērtējot visu gada periodu kopumā) vērojama starpības samazināšanās par 1-2 grādiem, kas liecina par temperatūras izlīdzināšanos diennakts griezumā.

Attēlojot mēneša vidējās diennakts maksimālās un minimālās temperatūras starpību dažādās sezonās karšu formā (att. 2.19), uzskatāmi redzams, ka maksimālo vērtību starpība sasniedz jūlija mēnesī un tā ir mazāka Kurzemes reģionā, Rīgas līča piekrastē un DA Latvijā, kur tā nepārsniedz 9 °C, bet lielāka – centrālajā Latvijas daļā, sasniedzot 11.6 °C. Aprīļa mēnesī diennakts temperatūru atšķirības visā Latvijas teritorijā ir izteiktākas nekā oktobra mēnesī. Vismazākās atšķirības vērojamas janvāra mēnesī 5.2-6.8 °C.

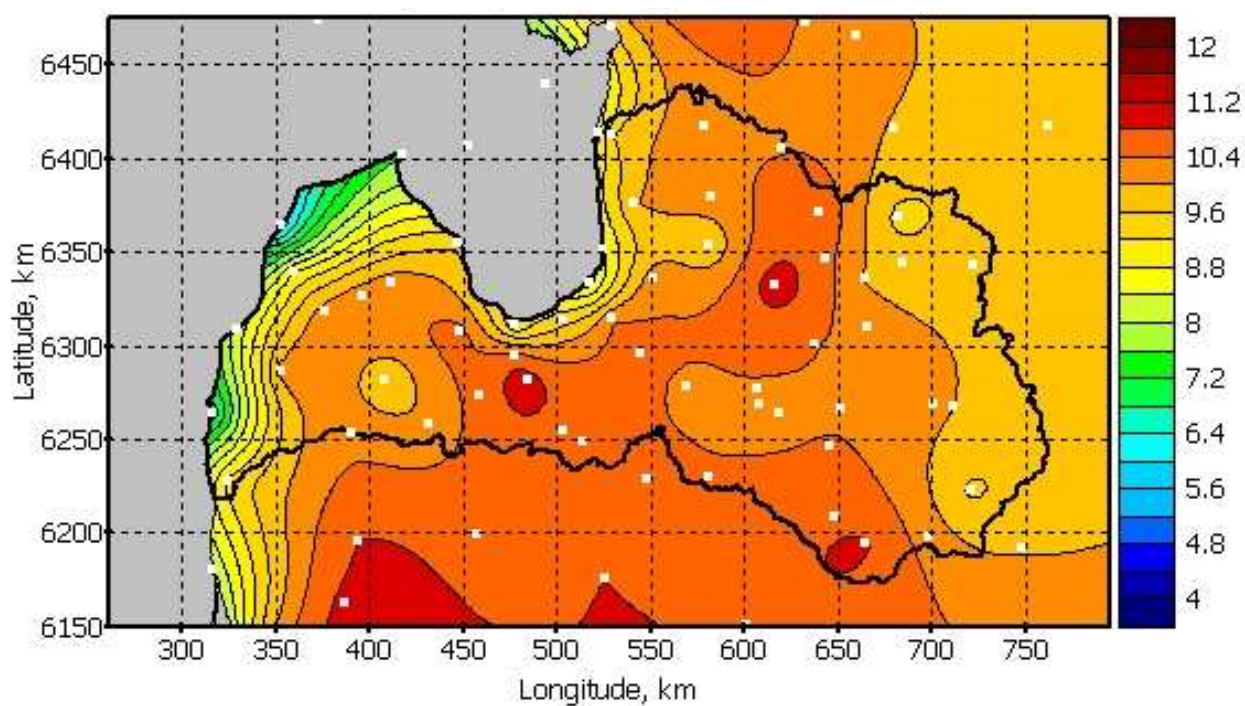


a) Janvāris

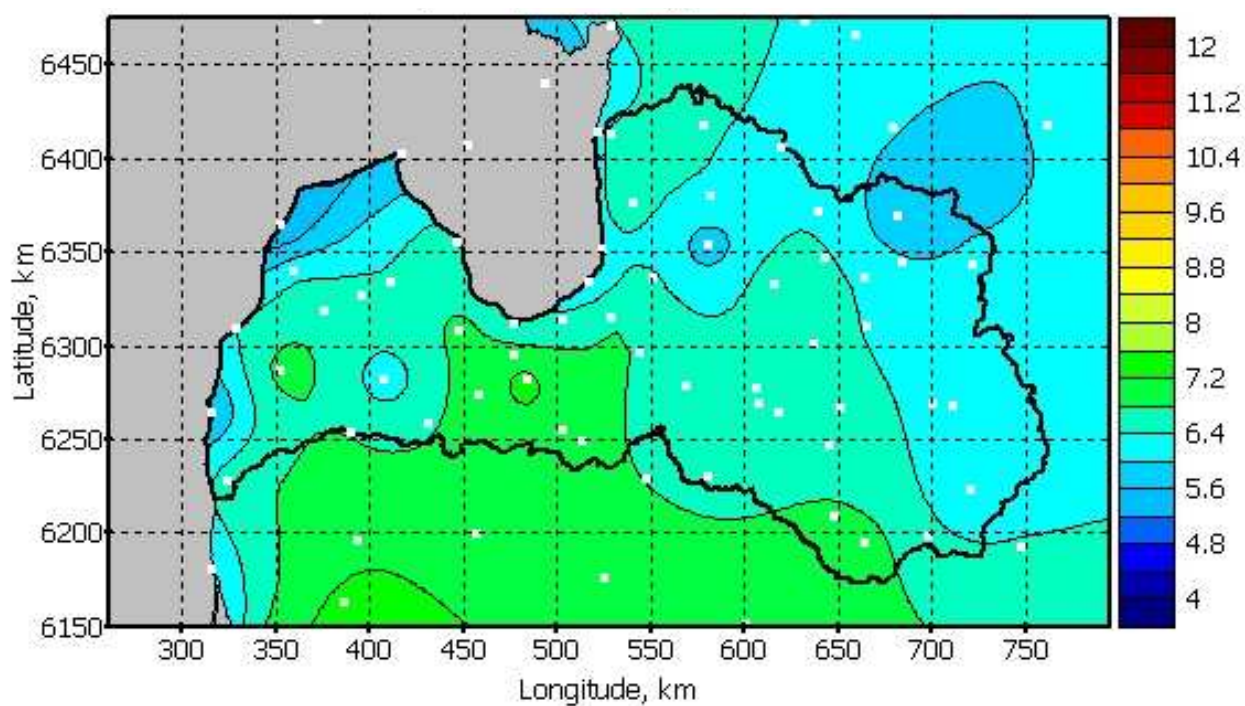


b) Aprīlis



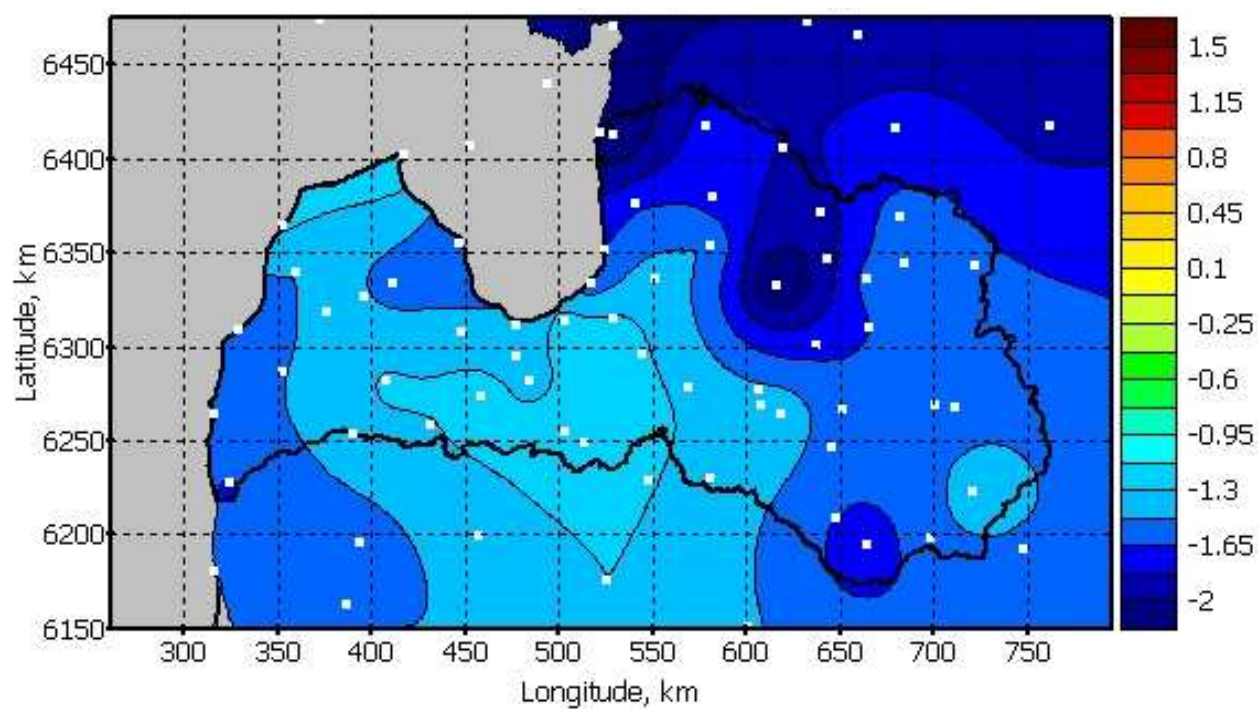
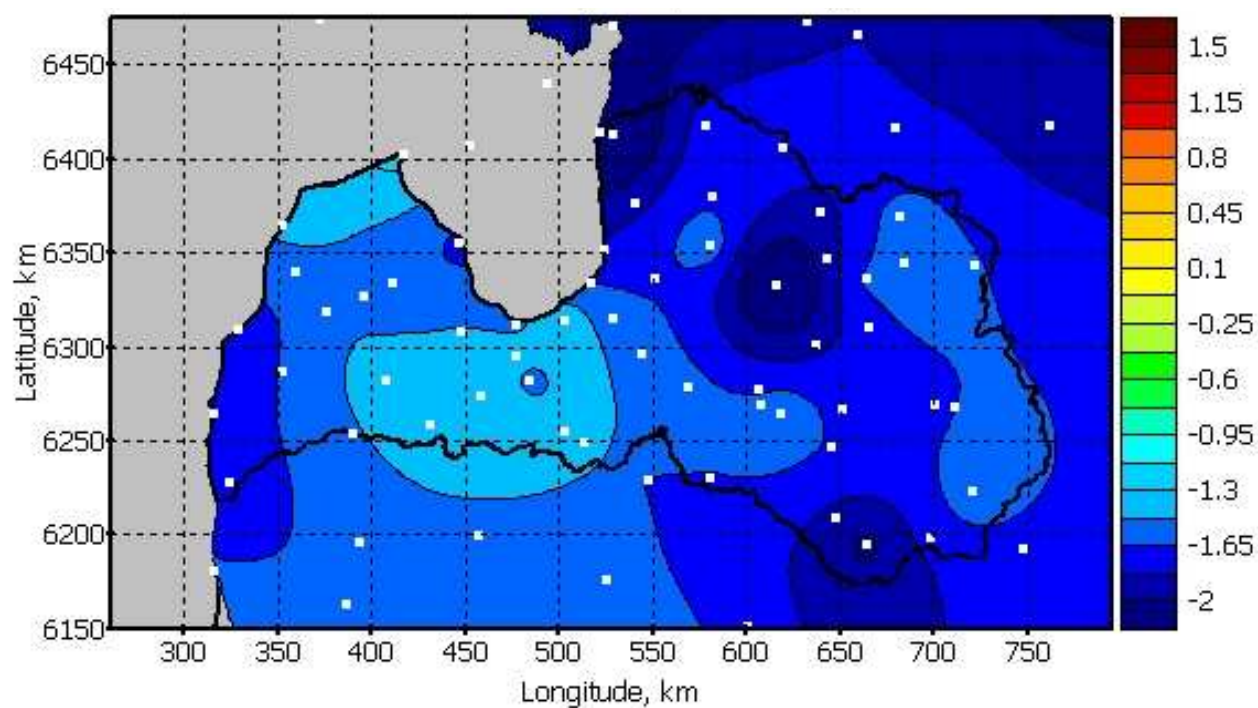


c) Jūlijs



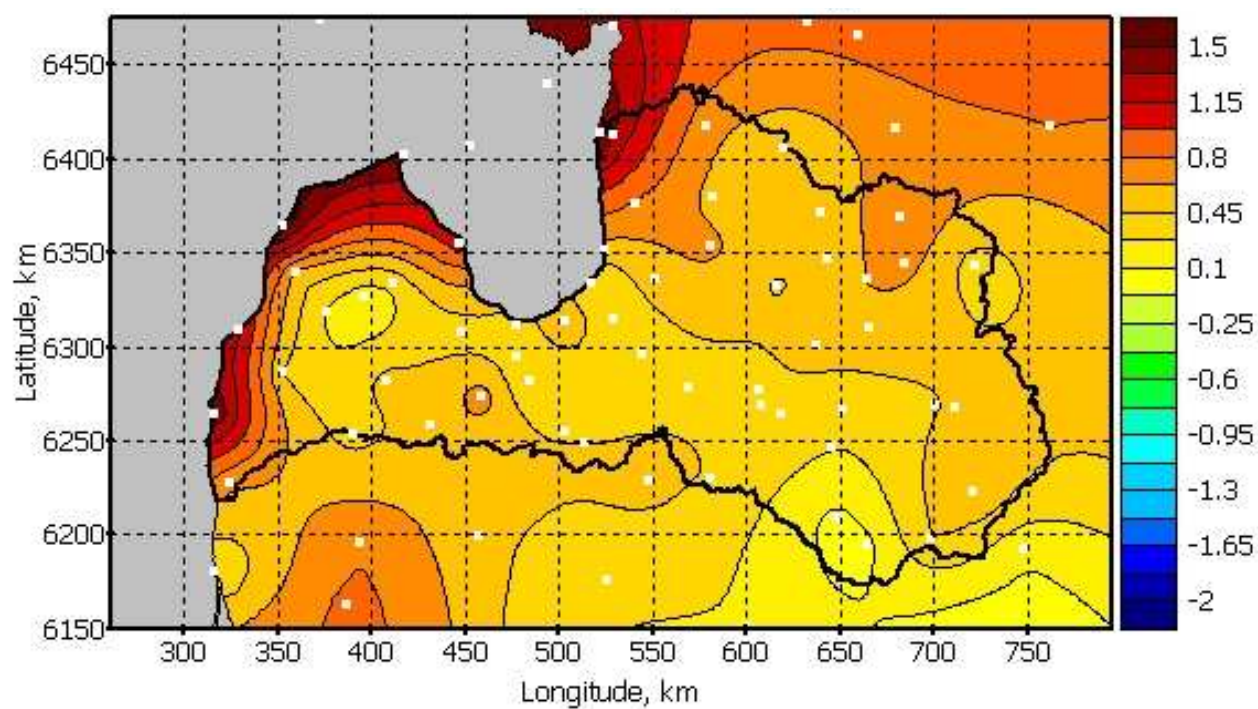
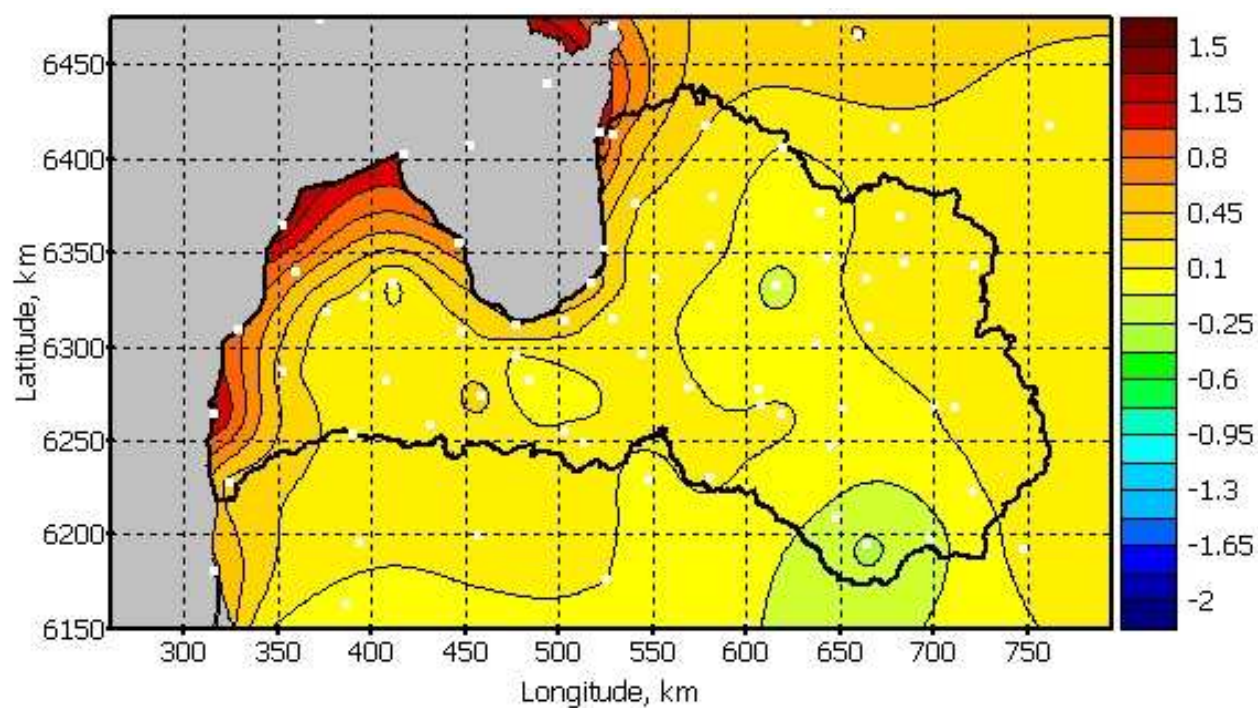
d) Oktobris

**2.19. attēls. Mēneša vidējās diennakts maksimālās un minimālās temperatūras starpība dažādās sezonās kontroles periodā 1961-1990.**

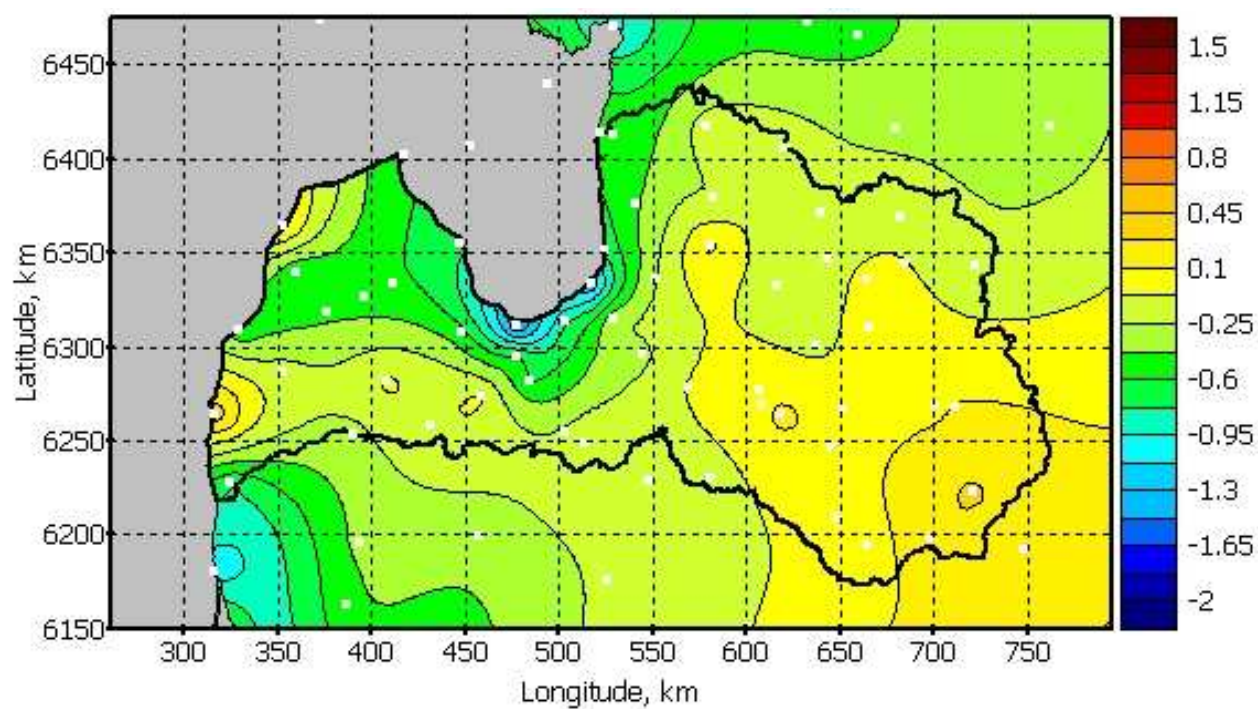
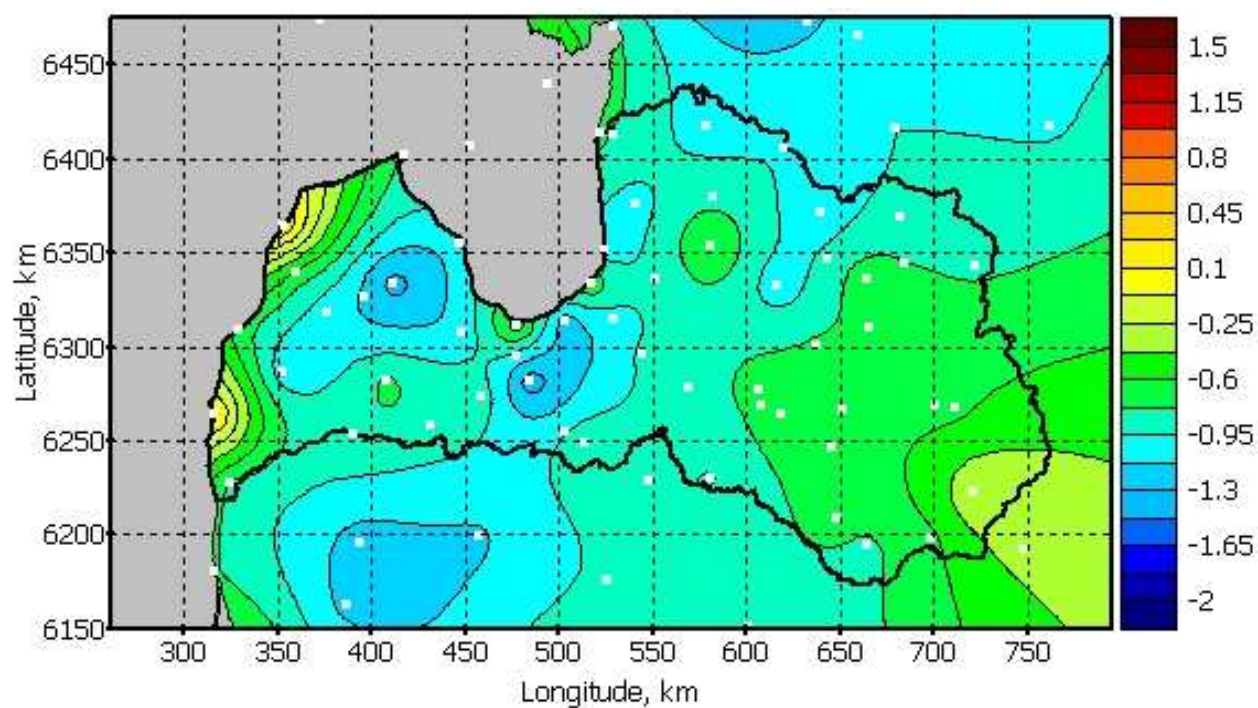


a) Janvāris



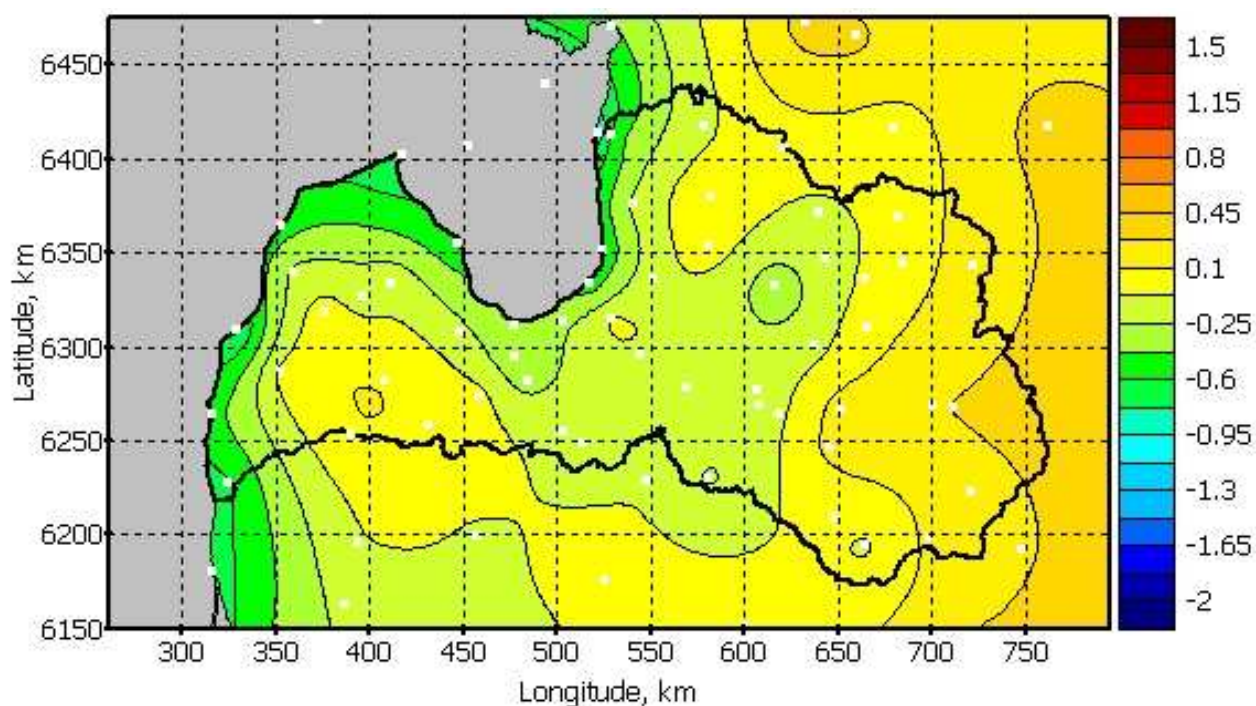
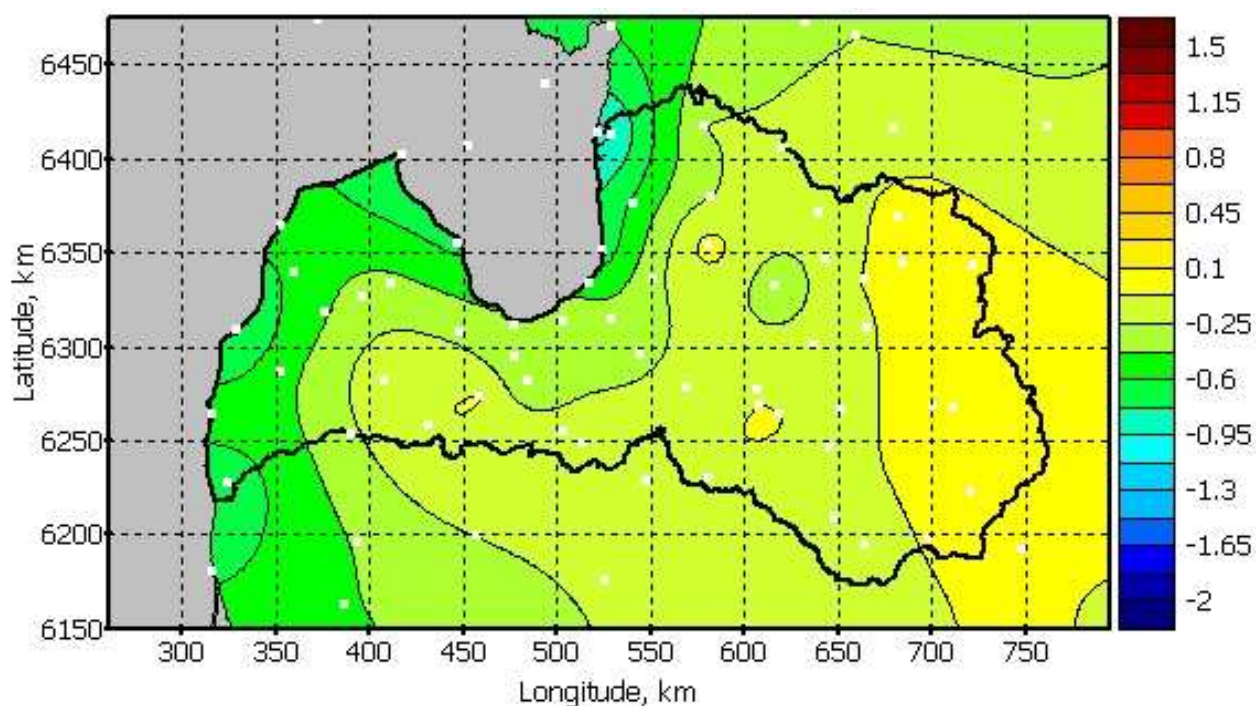


*b) Aprilis*



c) Jūlijs



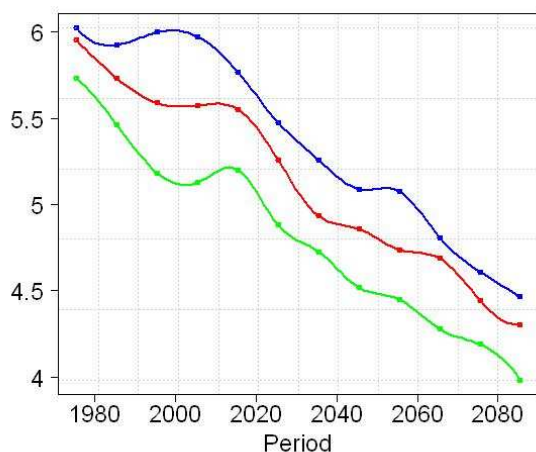


d) Oktobris

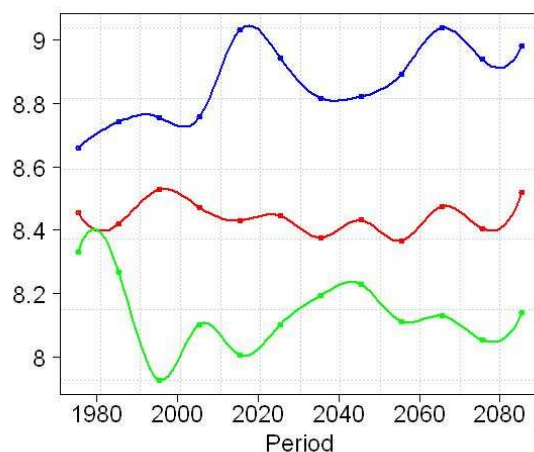
**2.20. attēls. Mēneša vidējās diennakts maksimālās un minimālās temperatūras starpības izmaiņa (1961-1990 līdz 2071-2100) dažādās sezonās (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).**

Analizējot prognozējamo starpības starp mēneša vidējo diennakts maksimālo un minimālo temperatūru pieaugumu att. 2.20, redzama nebūtiska tendence ( $<1.5$  °C gan vidējo, gan nozīmīgo izmaiņu scenārijā) atsevišķos reģionos starpībai palielināties, citos – samazināties.

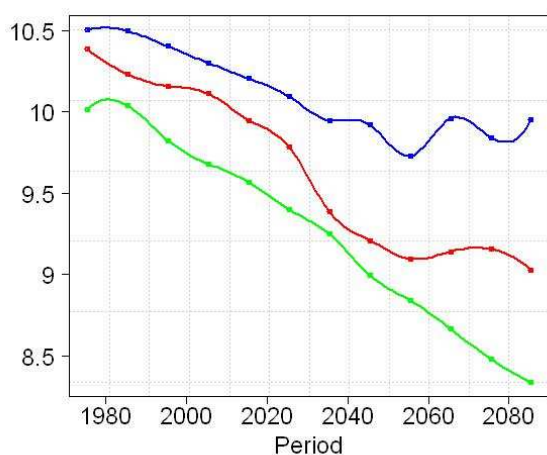
Apskatot attīstības tendences klimatiskajai (vidējotai 30 gadu periodā) sezonālajai starpībai starp diennakts ekstremālajām temperatūrām laika posmā no 1961-2100. gadam atsevišķā stacijā – Stendē (att. 2.21), aprīļa mēnesī visu scenāriju sniegtajās projekcijās vērojama starpības saglabāšanās, svārstoties ap pašreizējo vērtību. Janvāra mēnesī visi scenāriji paredz ekstremālo temperatūru starpības samazināšanos par 1.5 °C un tajā atšķirības starp dažādu scenāriju vērtībām ir vismazākās.



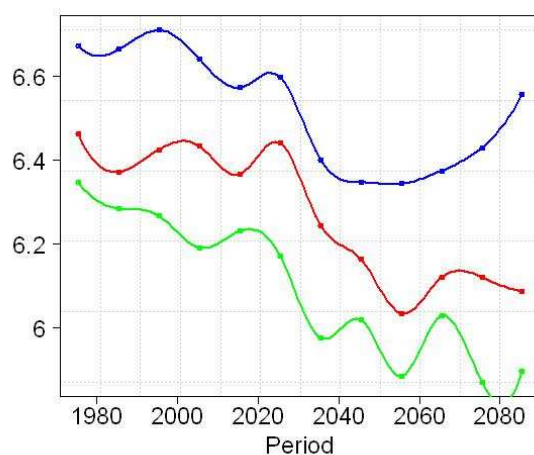
a) Janvāris



b) Aprīlis



c) Jūlijs



d) Oktobris

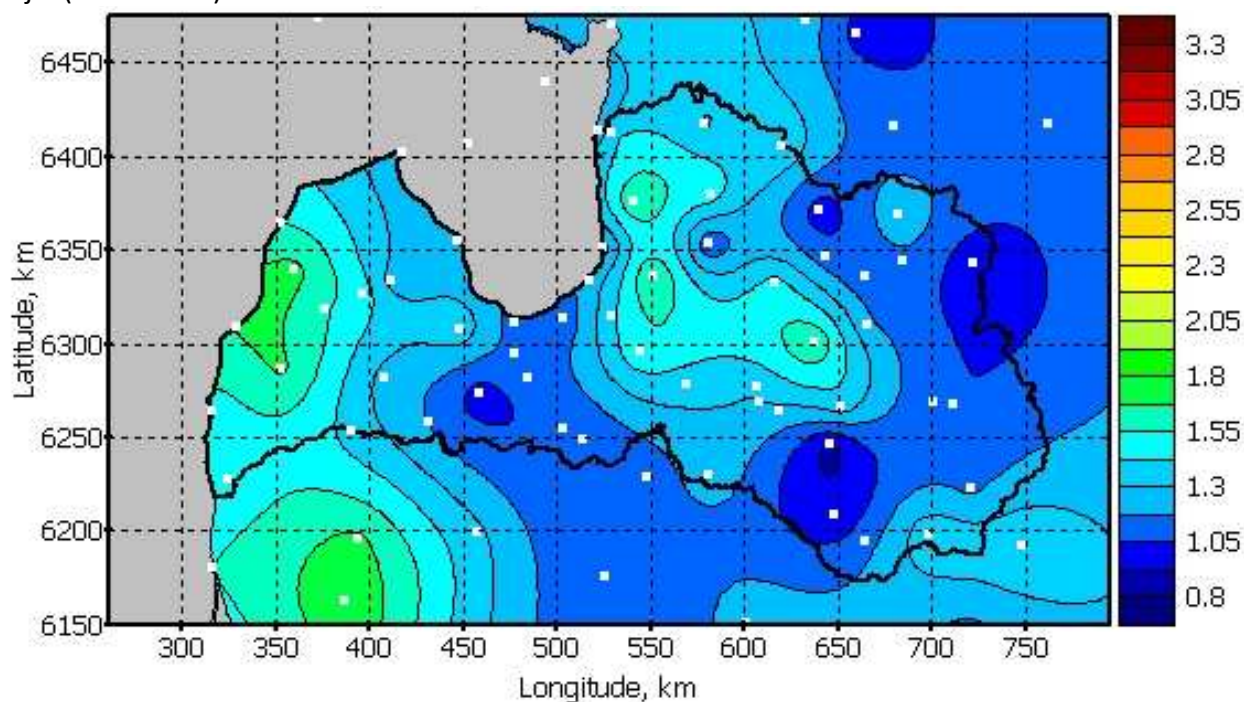
**2.21. attēls. 30 gadu vidējās starpības starp mēneša vidējo diennakts maksimālo un minimālo temperatūru attīstība laikā 4 sezonās mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zilā līnija) izmaiņu scenārijs.**



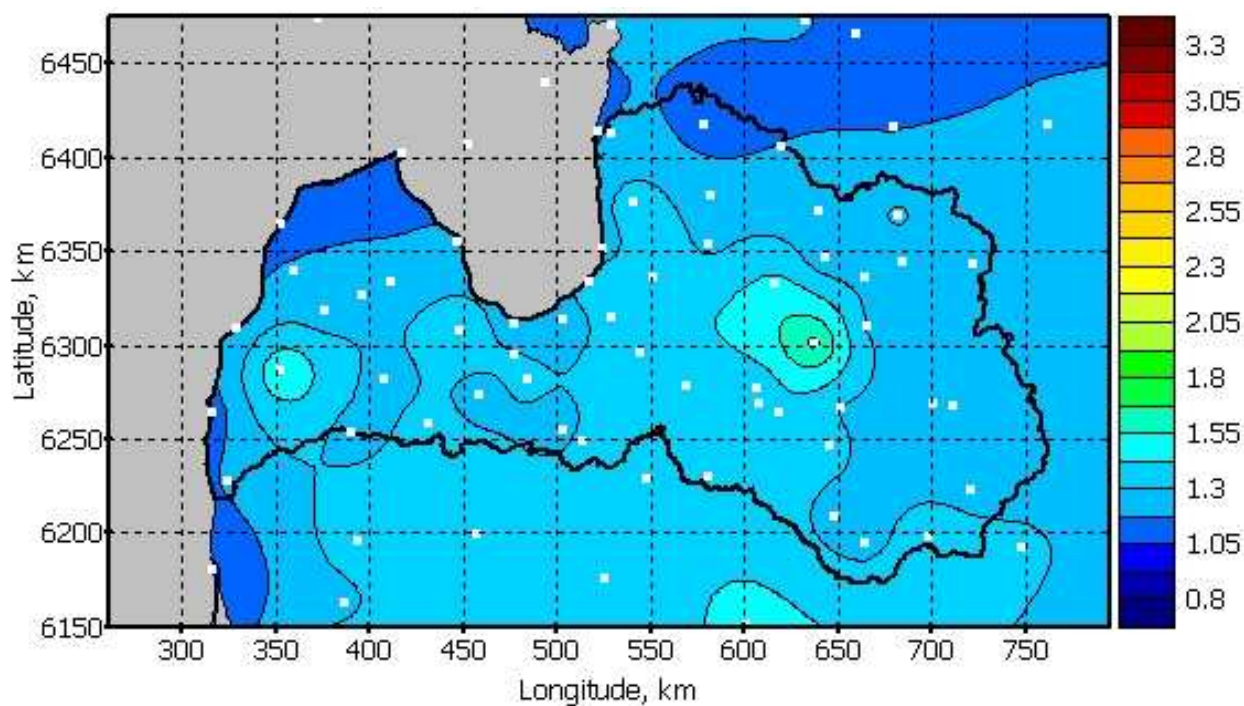
## 8. DIENNAKTS VIDĒJAIS NOKRIŠŅU DAUDZUMS

### 8.1 Nokrišņu intensitāte un tās pieauguma sezonālitate

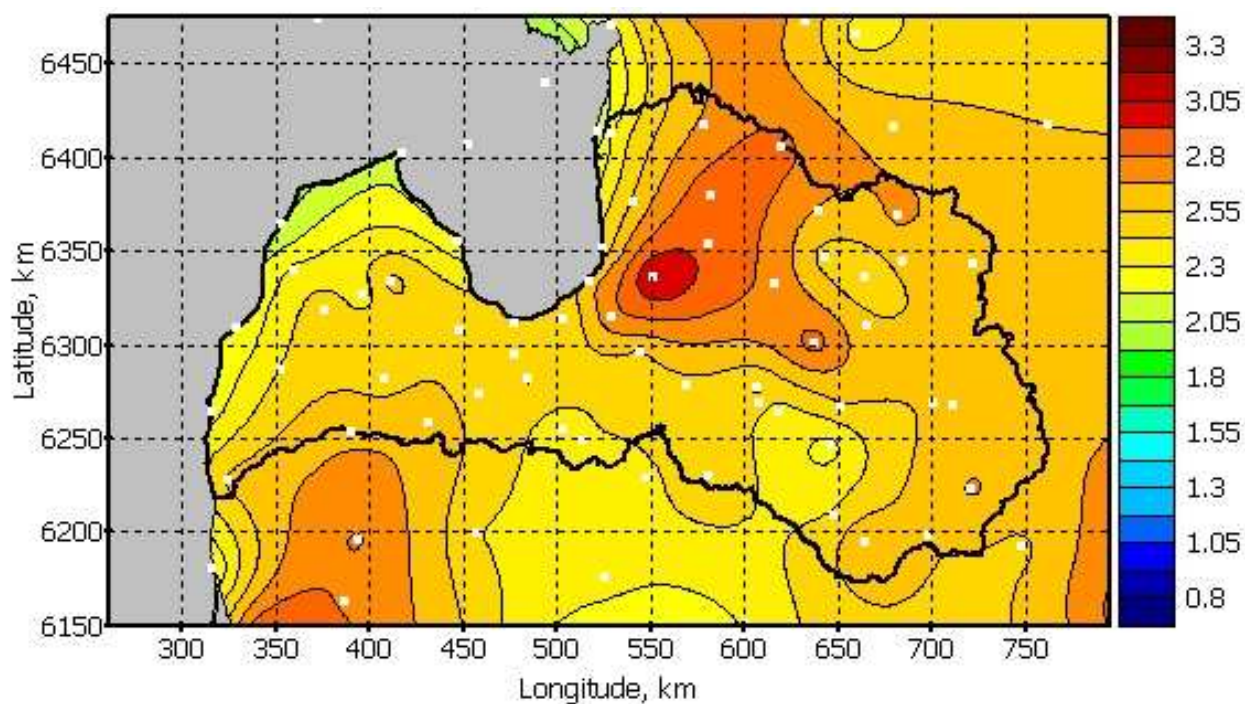
Mēnešu vidējā ikdienas nokrišņu summa dažādām sezonām mūsdienu klimata (1961-1990) apstākļiem parādīta att. 2.22, bet tās izmaiņu projekcijas, attiecīgi, tuvajai (2021-2050) un tālajai (2071-2100) nākotnei - att. 2.23-2.24.



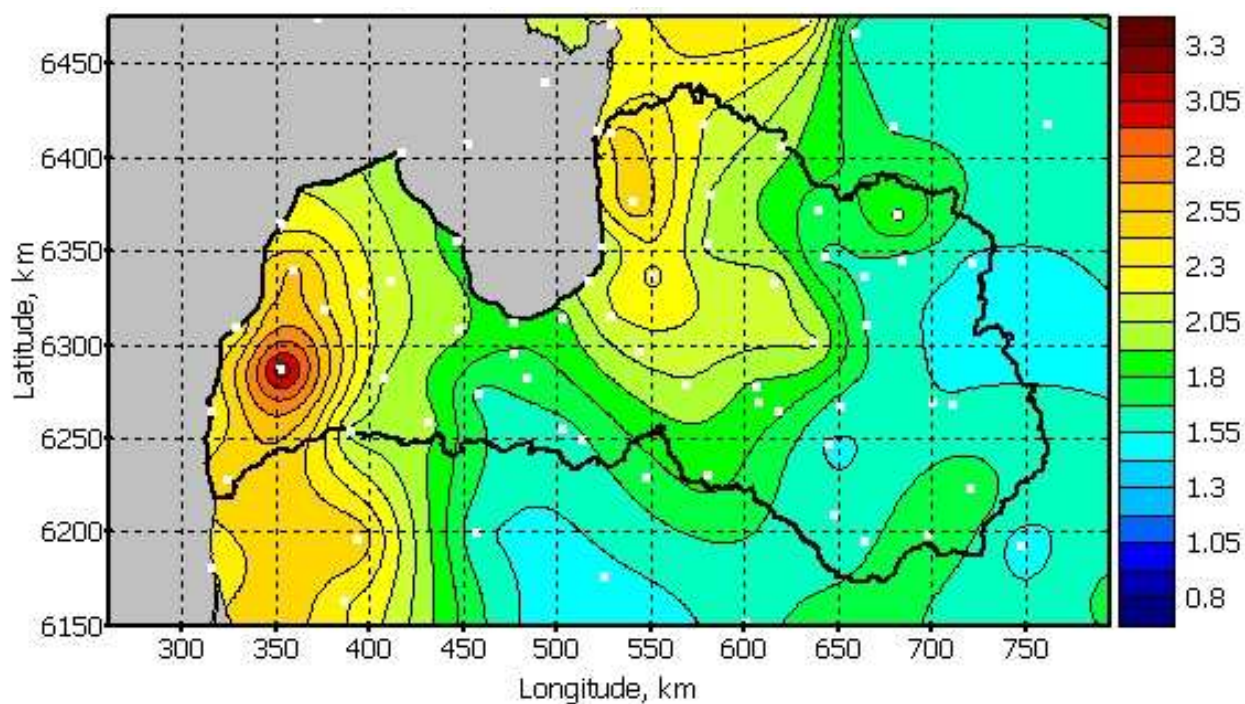
a) Janvāris



b) Aprīlis



c) Jūlijs



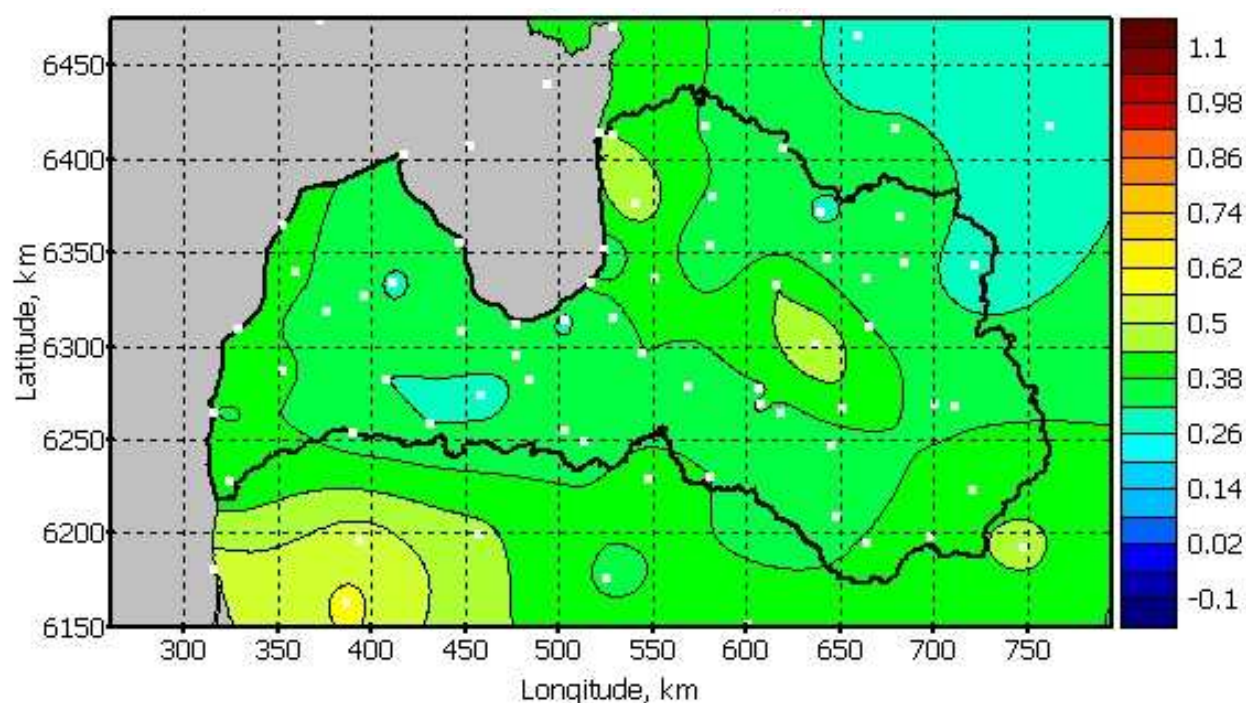
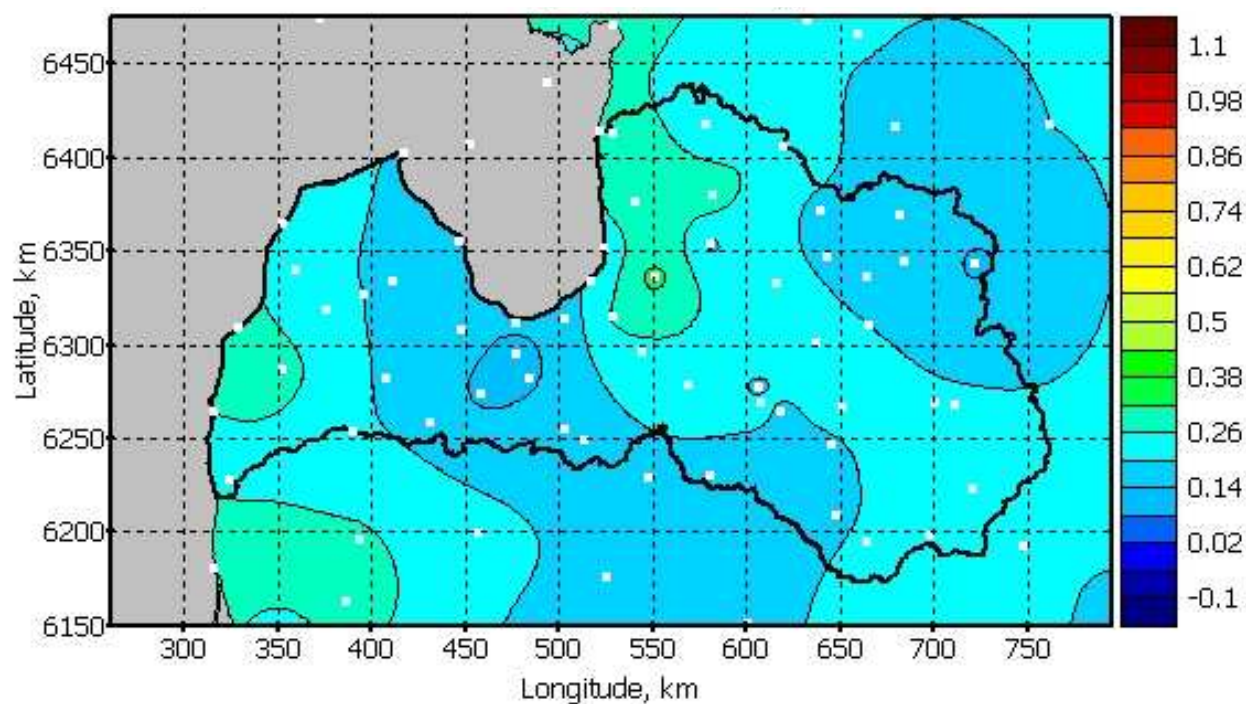
c) Oktobris

**2.22. attēls. Vidējā nokrišņu intensitāte mm/dienn. 4 raksturīgās sezonās references periodā 1961-1990.**

References periodā vidējā nokrišņu intensitāte janvāra un aprīļa mēnešos ir 1-1.7 mm/dienn., kas ir mazāk nekā oktobrī (1.4-2.9 mm/dienn.). Jūlija mēnesī vidējā nokrišņu intensitāte ir

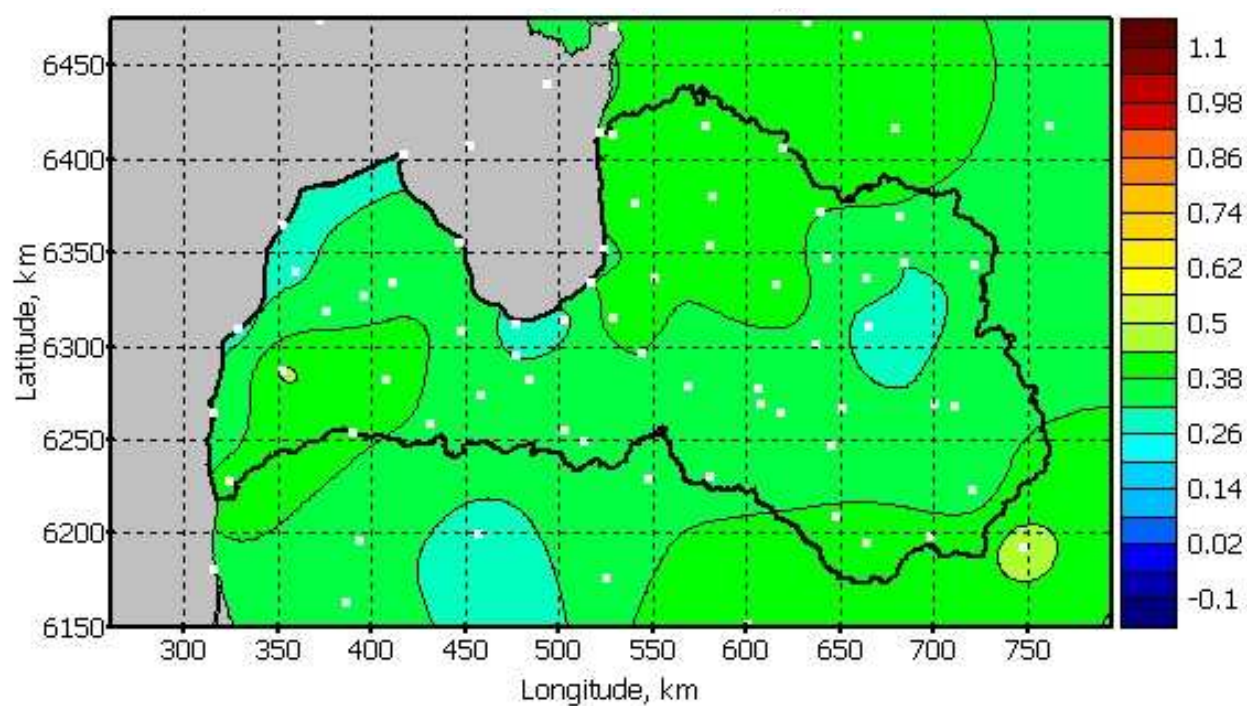
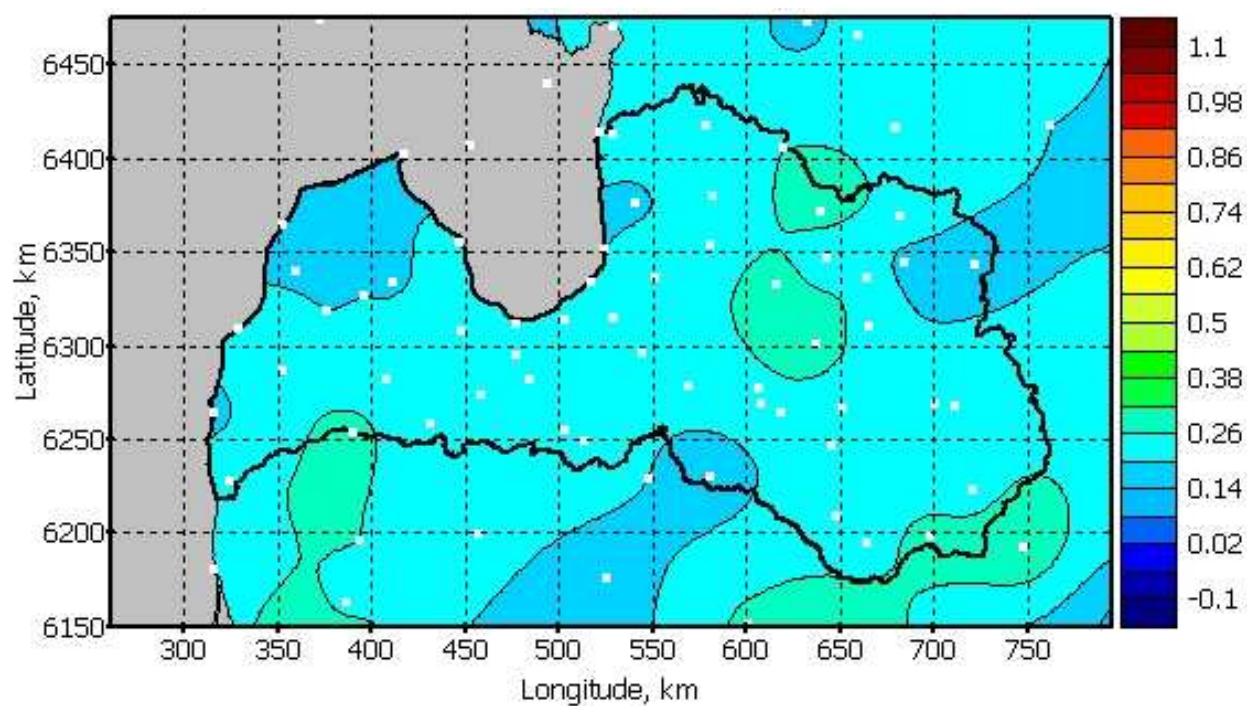


vislielākā – 2.1-3 mm/dienn. Analizējot telpisko sadalījumu, zemākas nokrišņu intensitātes vērtības ir Latvijas ZA reģionā, augstākas – Vidzemes augstienē, Z-Vidzemē Rīgas līča tuvumā, kā arī Baltijas jūras D-Kurzemes piekrastē.

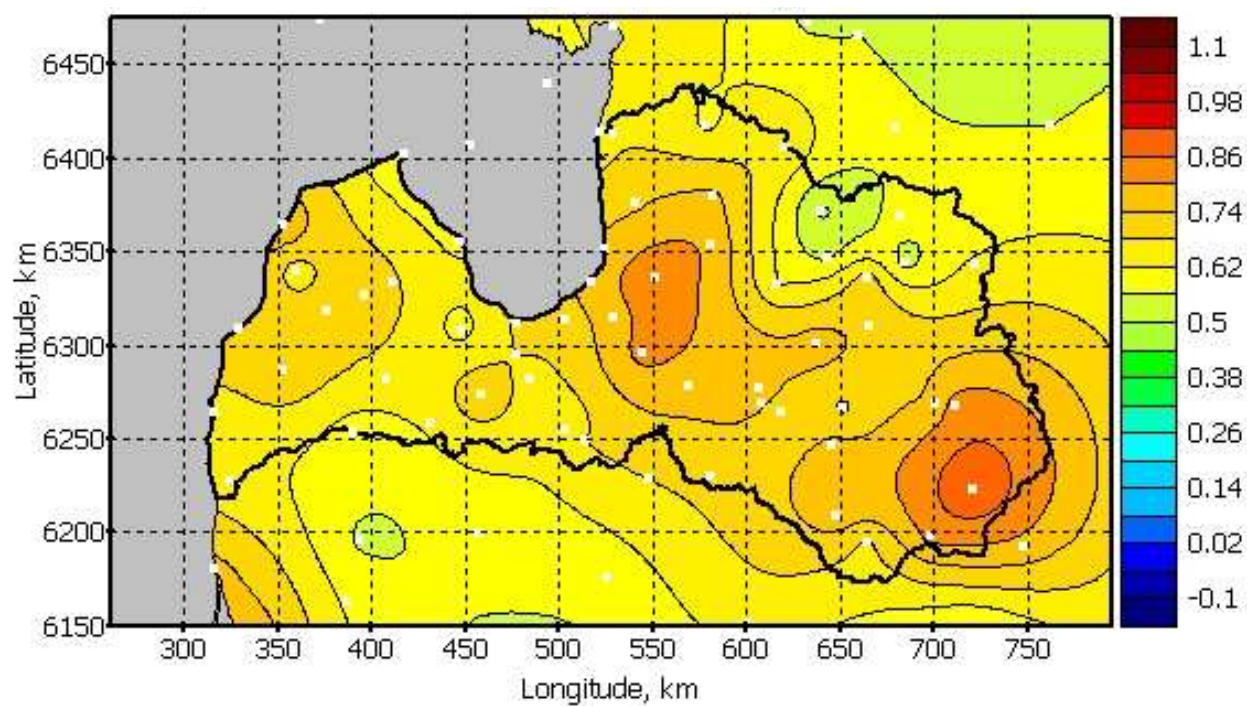
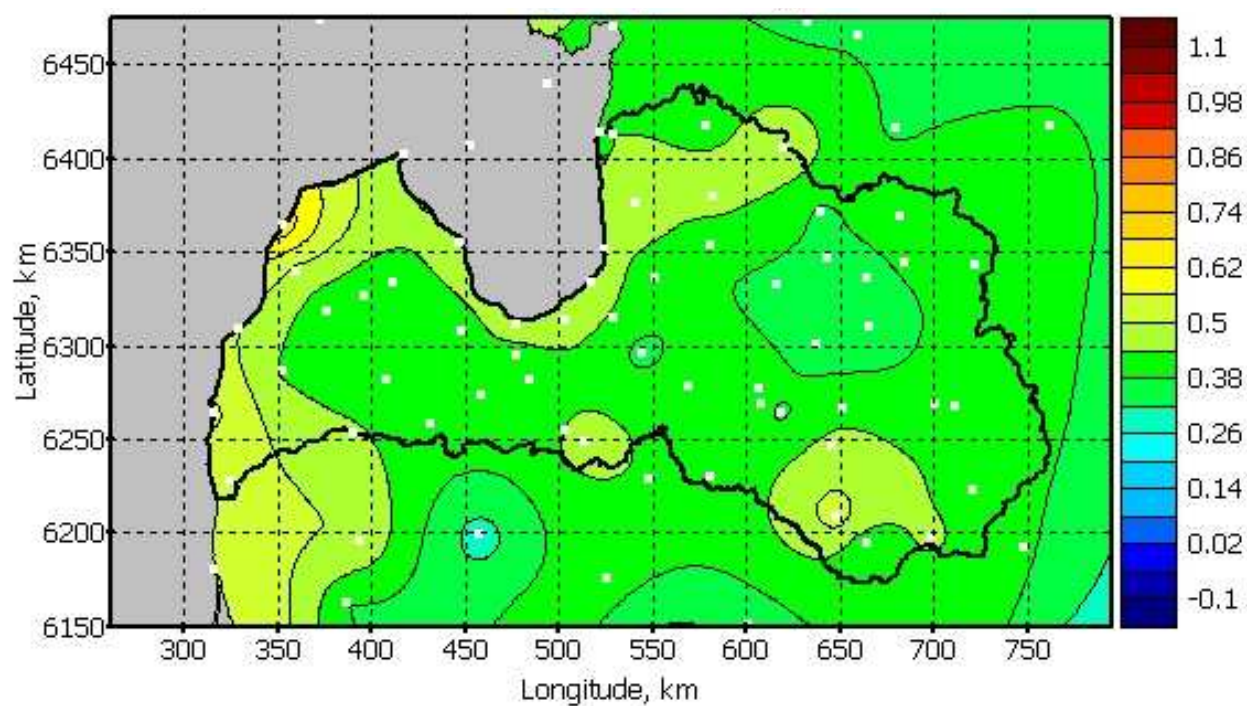


a) Janvāris



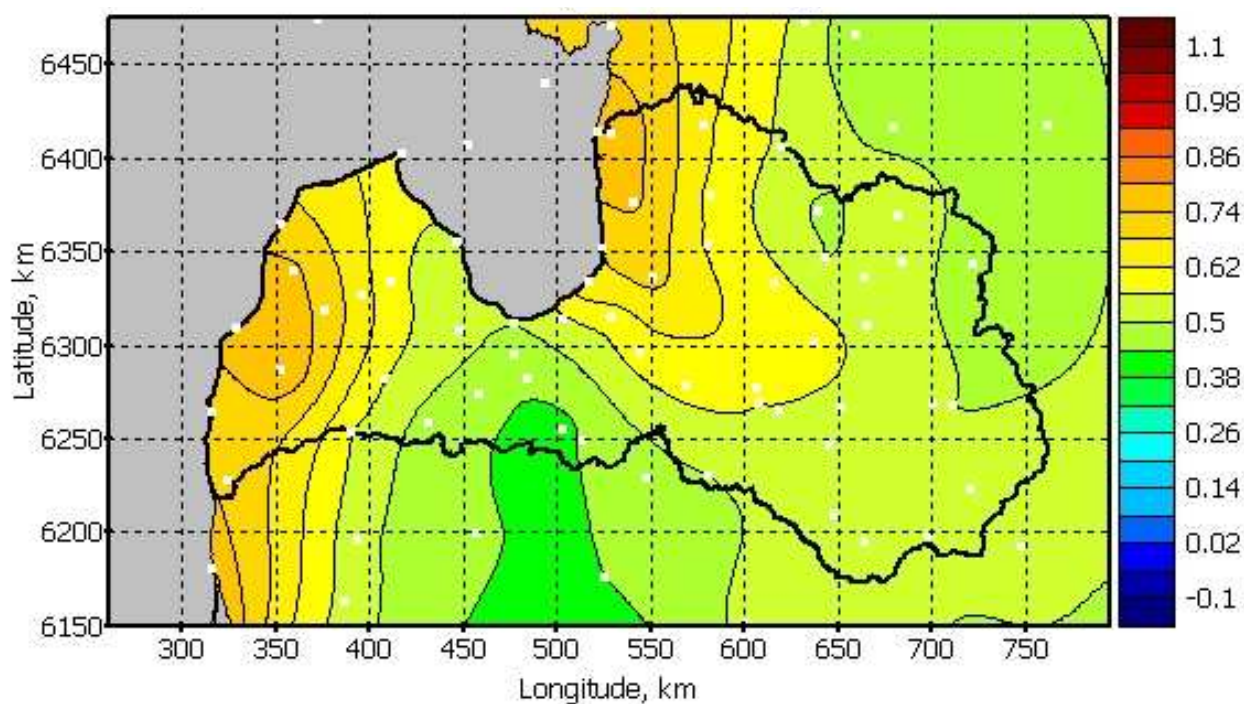
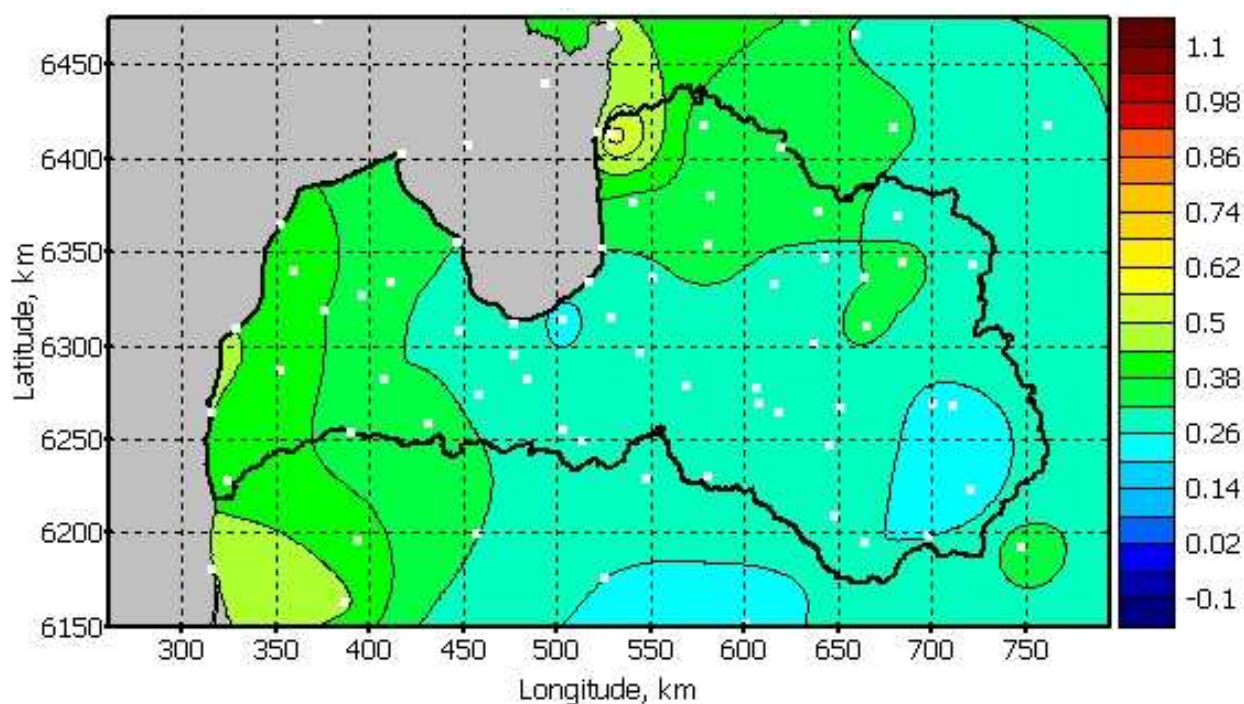


b) Aprilis



c) Jūlijs



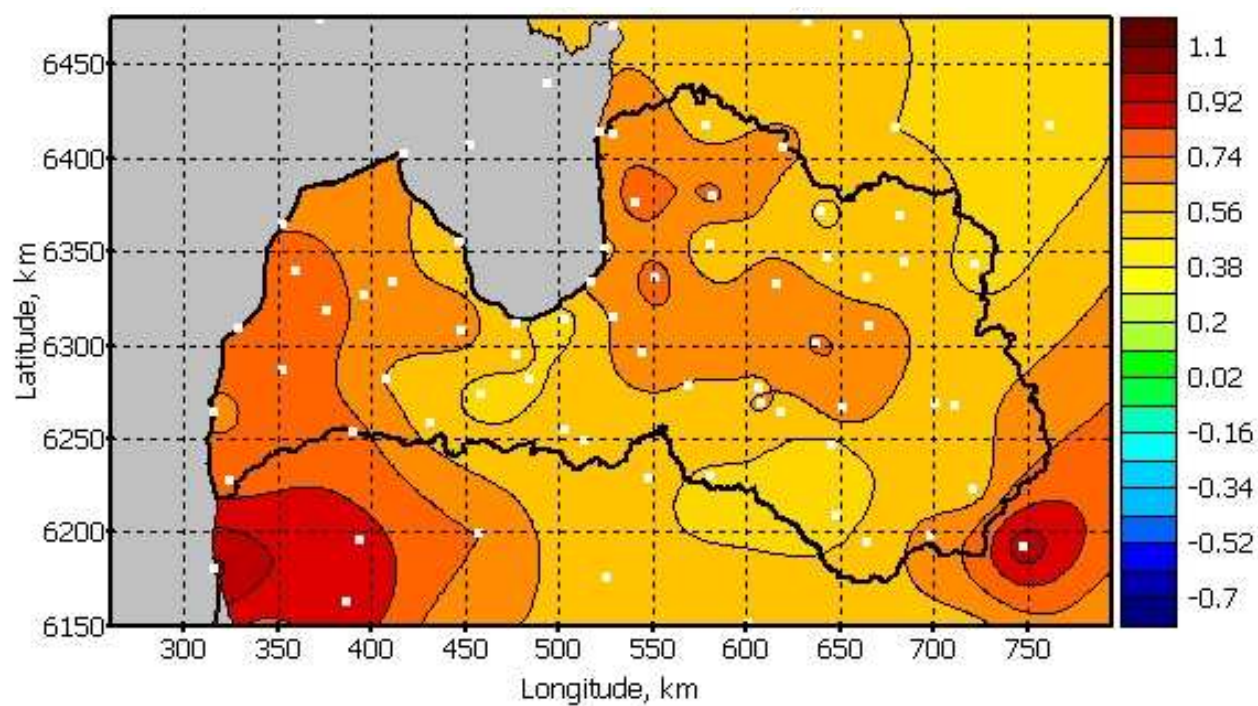
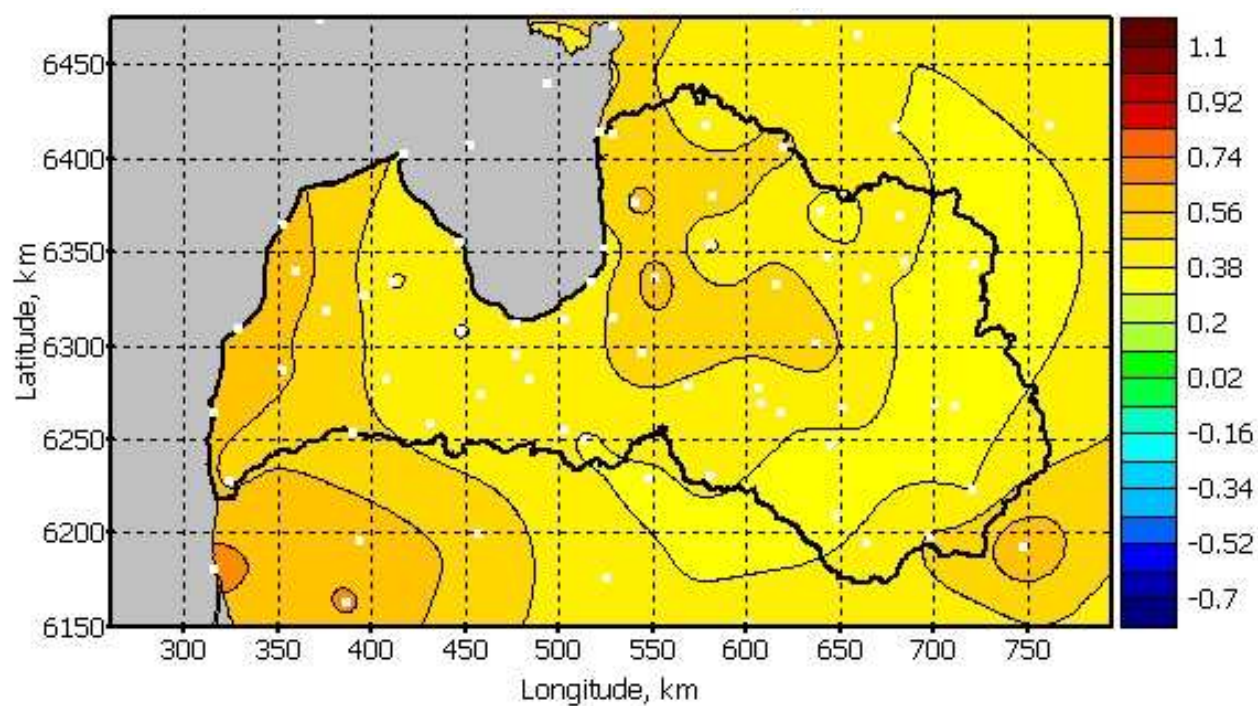


d) Oktobris

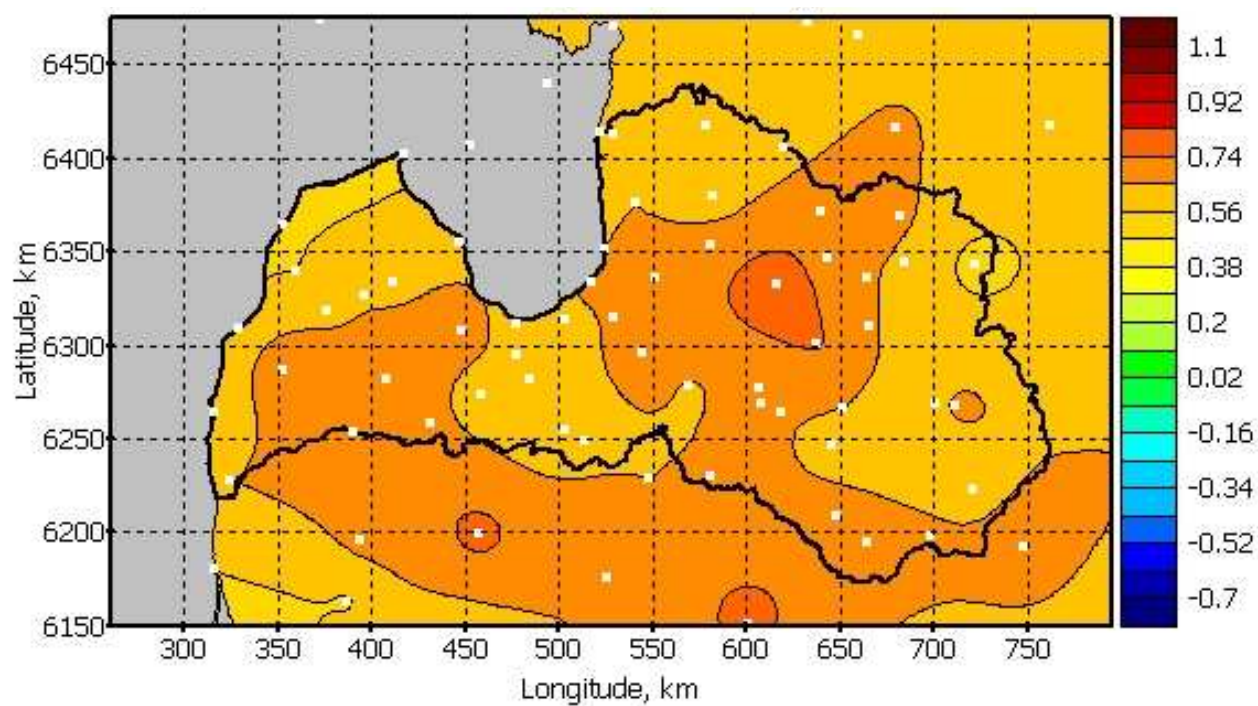
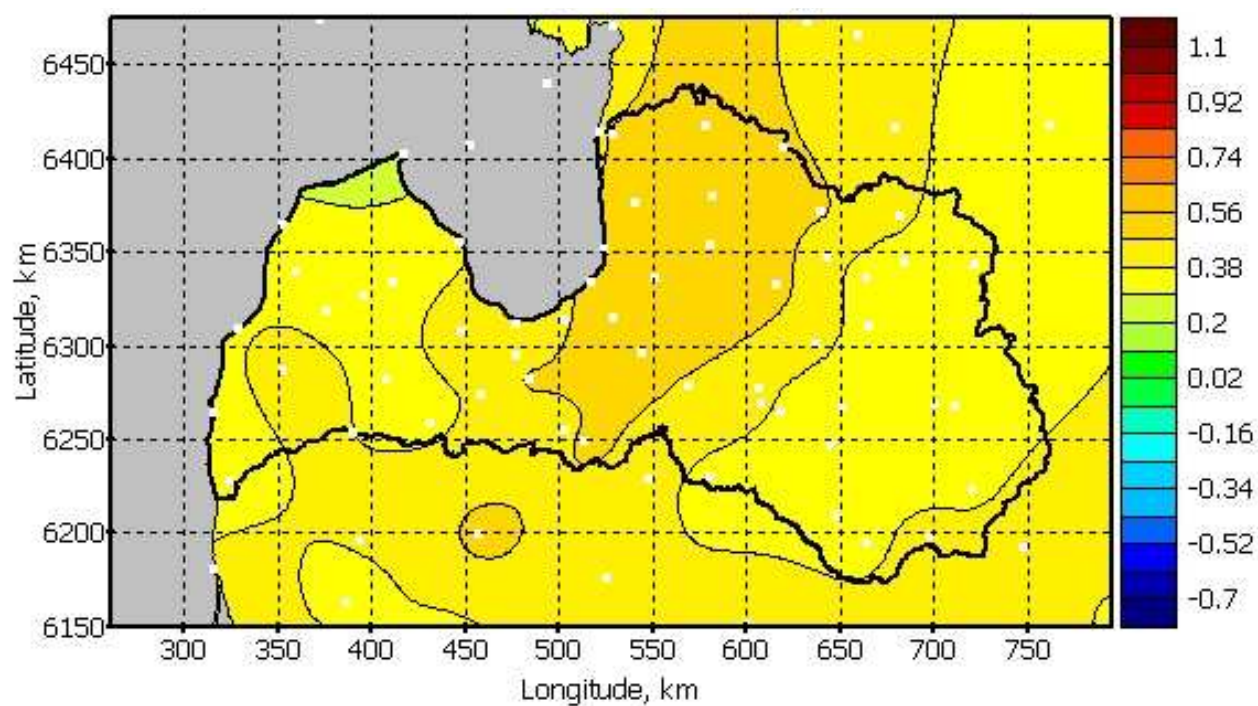
**2.23. attēls. Vidējās nokrišņu intensitātes izmaiņas mm/dienn. tuvajā nākotnē 4 raksturīgās sezonās (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).**

Tuvajā nākotnē (att. 2.23) visās sezonās paredzams nokrišņu intensitātes pieaugums. Vidējo izmaiņu scenārijs paredz 0.02-0.3 mm/dienn. pieaugumu janvārī, 0.1-0.3 mm/dienn. – aprīlī, 0.3-0.6 mm/dienn. – jūlijā un 0.2-0.5 mm/dienn. – oktobrī.



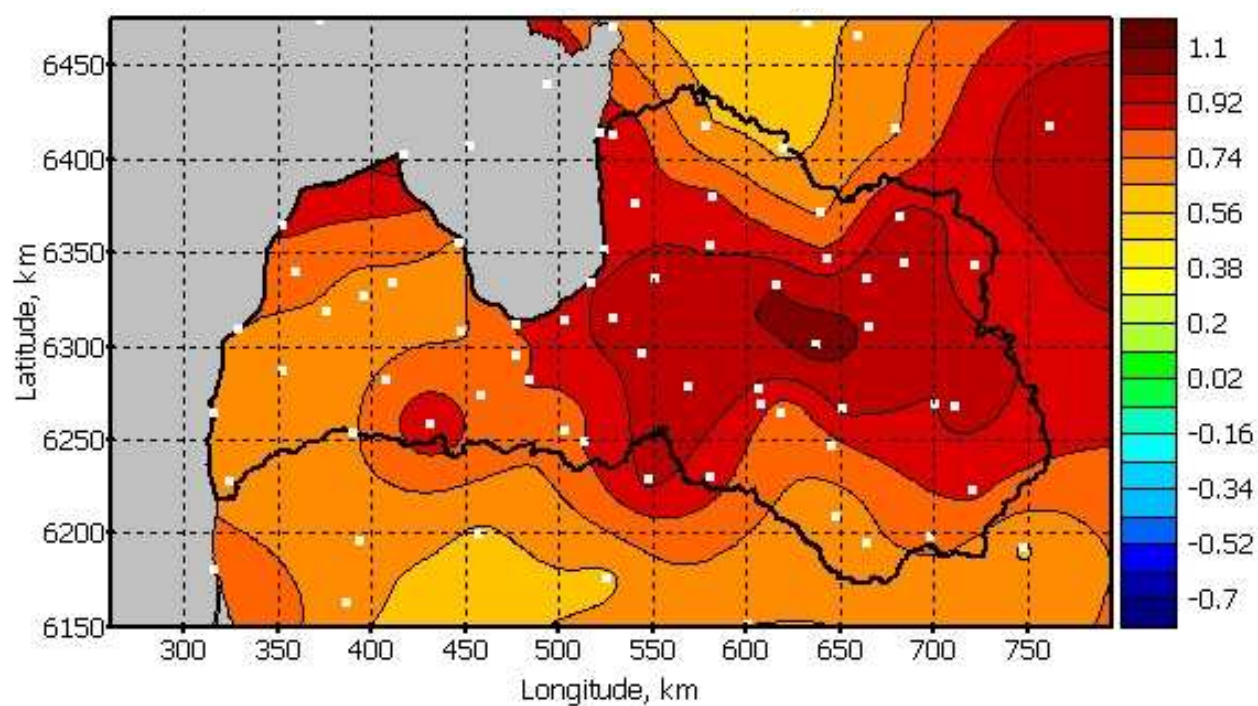
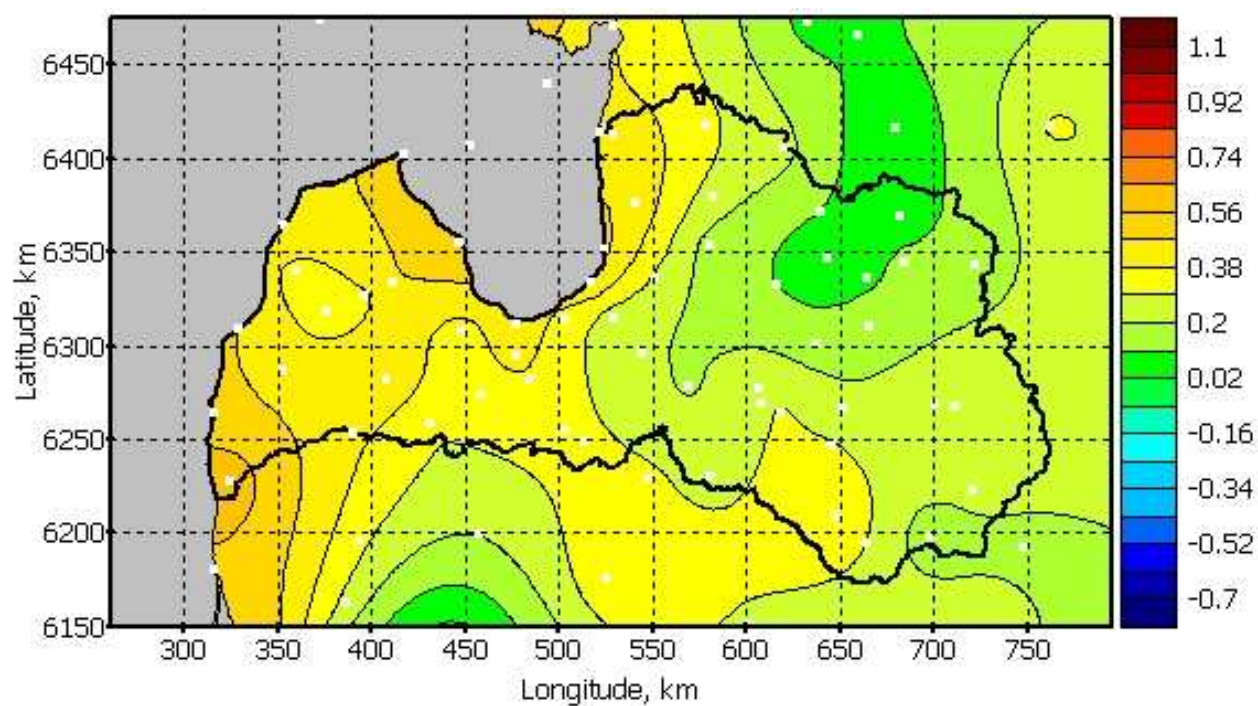


a) Janvāris



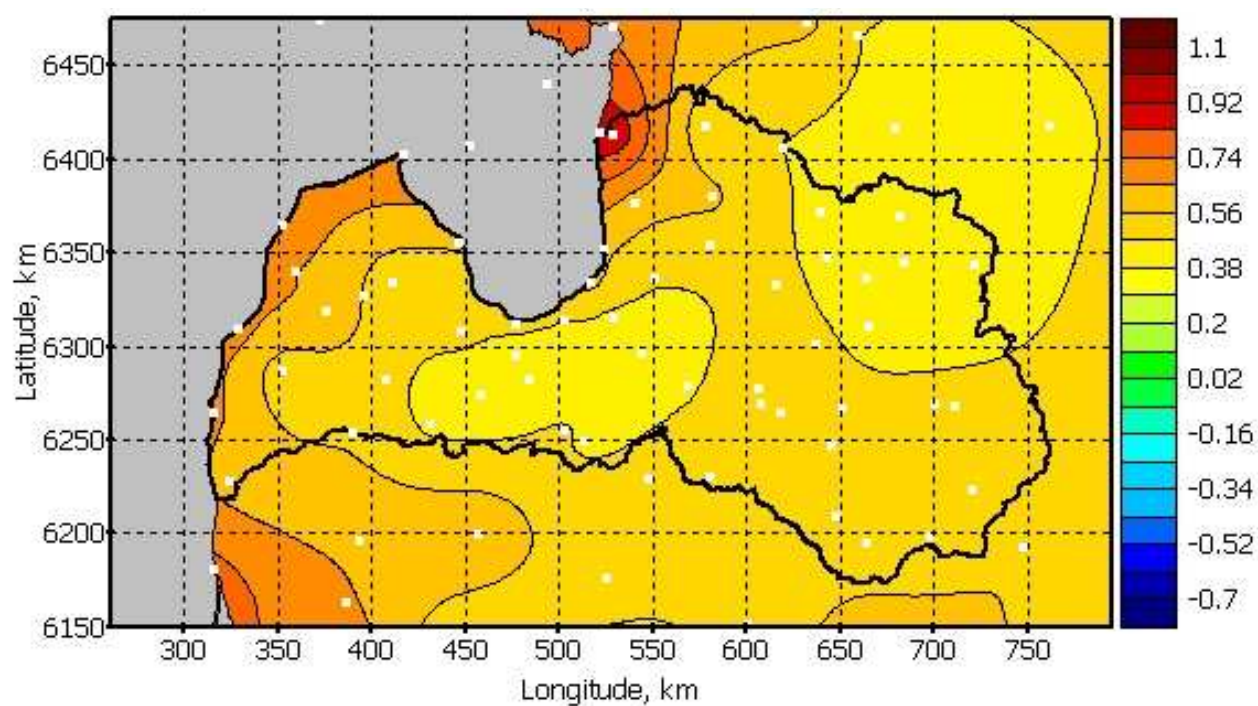
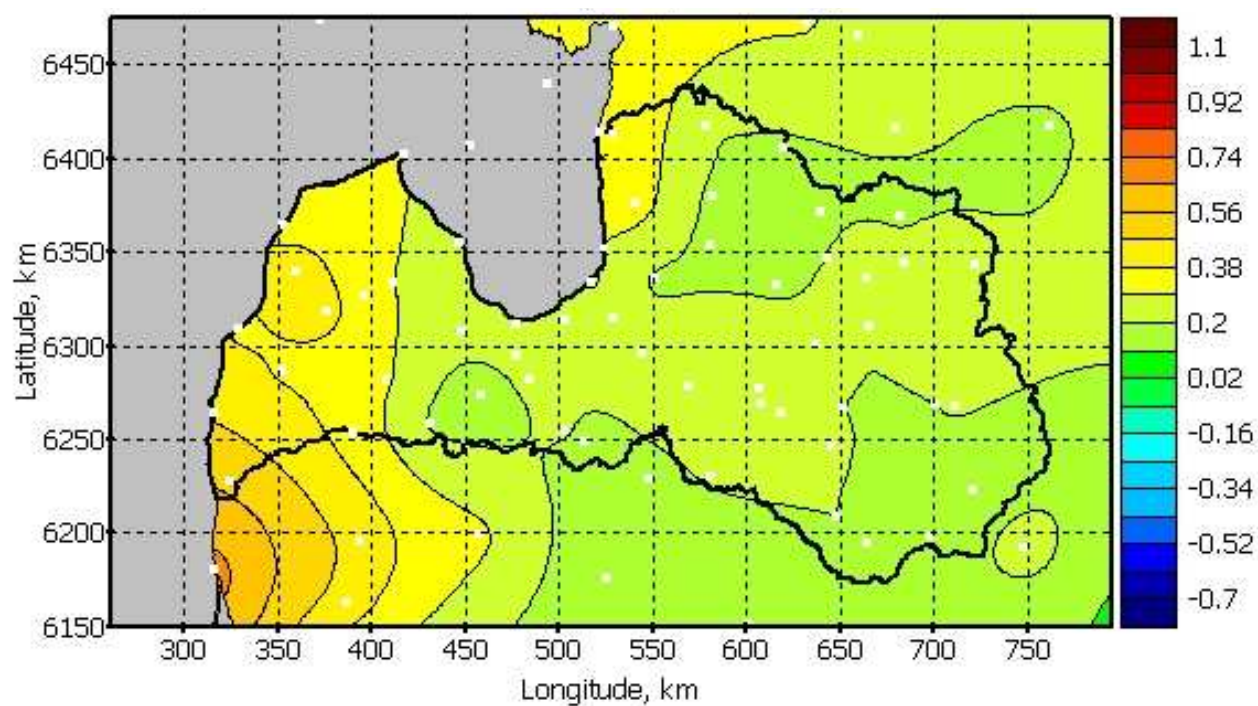
b) Aprilis





c) Jūlijs





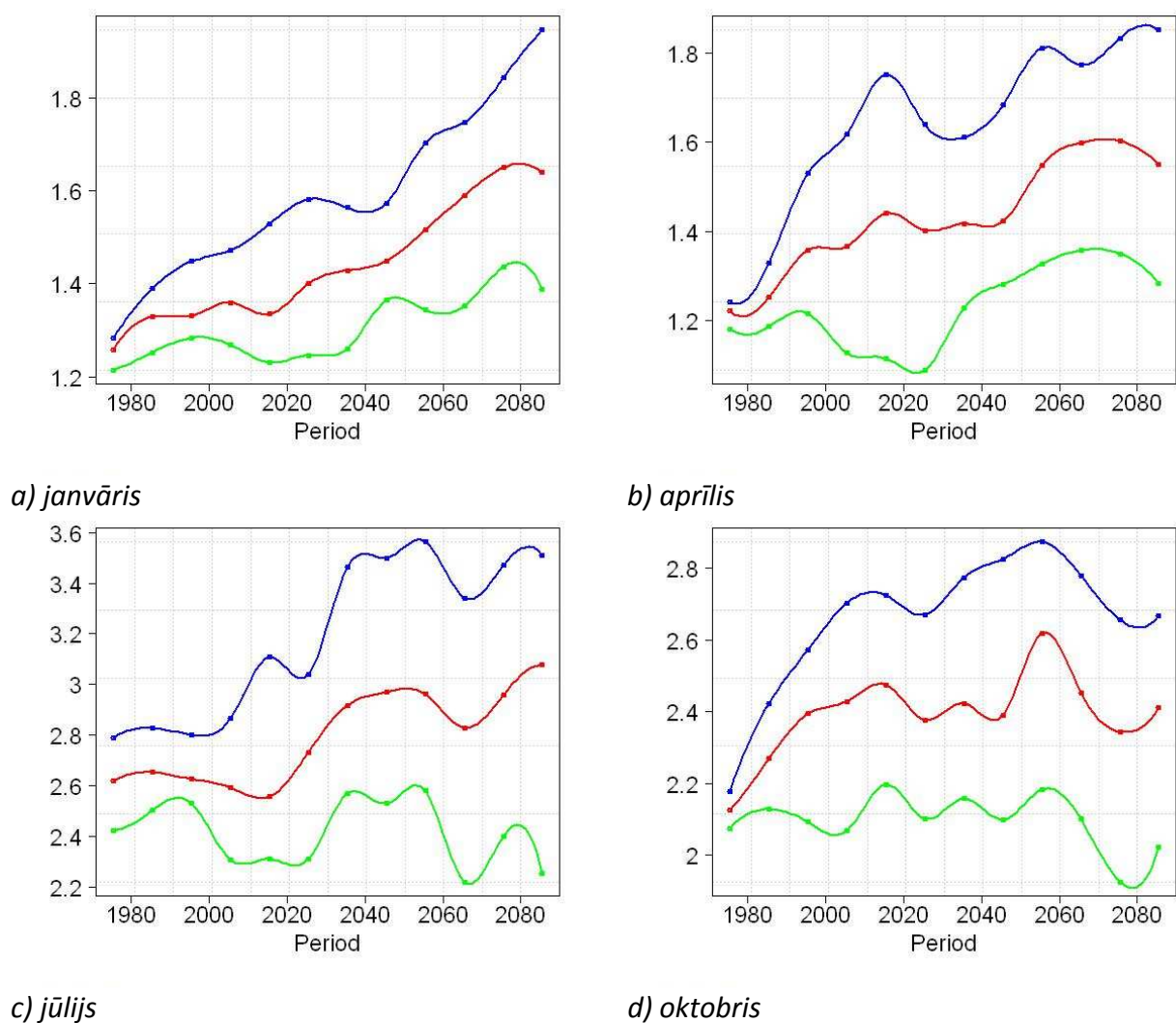
d) Oktobris

**2.24. attēls. Vidējās nokrišņu intensitātes izmaiņas mm/dienn. tālajā nākotnē 4 raksturīgās sezonās (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs)**

Tāpat kā tuvajā, arī tālajā nākotnē (att. 2.24) visās sezonās saskaņā ar vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenāriju paredzams nokrišņu intensitātes pieaugums. Vidējo izmaiņu scenārijs paredz 0.3-0.65 mm/dienn. pieaugumu janvārī, 0.3-0.55 mm/dienn. – aprīlī, 0.0-0.55 mm/dienn. – jūlijā un 0.1-0.55 mm/dienn. – oktobrī. Mērenu izmaiņu scenārijs pieļauj vidējās nokrišņu intensitātes samazināšanos vasaras mēnešos.

Gan tuvajā, gan tālajā nākotnē vērojama tendence lielākam nokrišņu pieaugumam Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastei tuvākajos reģionos, zemākam – Latvijas ZA un DA rajonos.

Klimatiskās (30 gadu periodam vidējtās) nokrišņu sezonālās intensitātes izmaiņas laikā visiem 3 aplūkojamiem (mērenam, vidējam un nozīmīgam) klimata mainības scenārijiem atsevišķā stacijā parādītas att. 2.25.



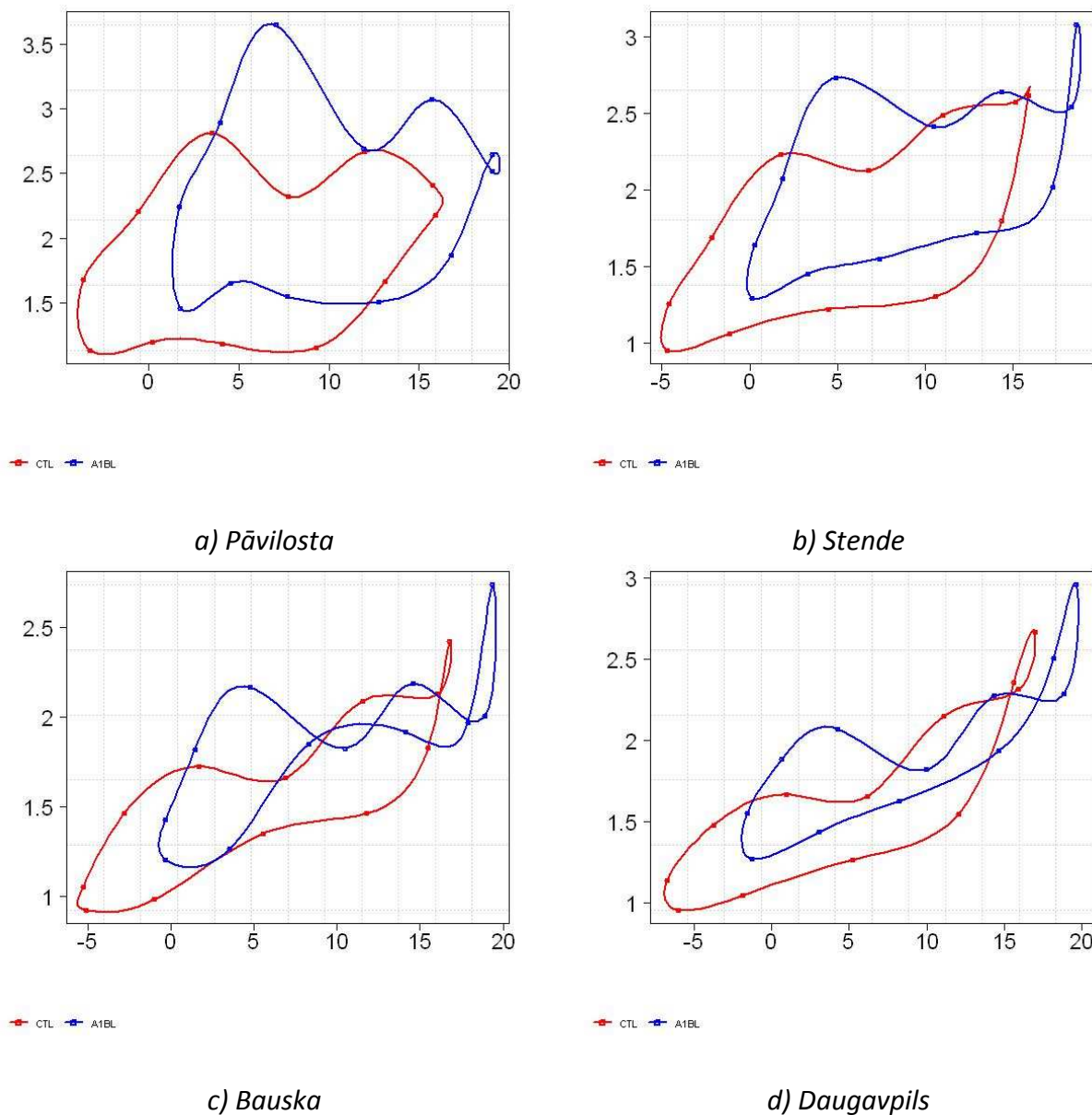
**2.25. attēls. 30 gadu perioda vidējās nokrišņu intensitātes mm/dienn. attīstība laikā Stendē 4 sezonās mēreno (zaļa līnija), vidējo (sarkana līnija) un nozīmīgo (zila līnija) izmaiņu scenārijiem.**

## 8.2 Mēneša vidējās temperatūras un nokrišņu intensitātes savstarpējā saistība

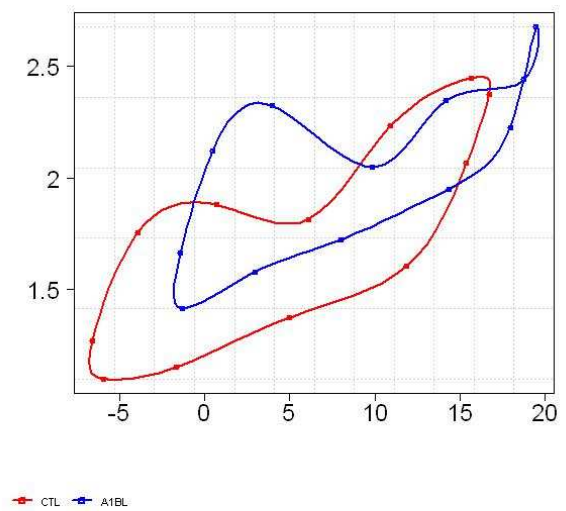
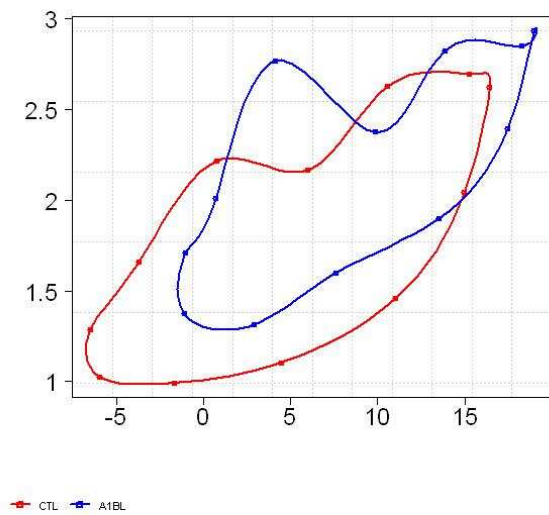
Mēneša vidējās temperatūras un nokrišņu intensitātes funkcionālā atkarība mūsdienu klimatam (1961-1990) un tālajai nākotnei (2071-2100) dažādās stacijās parādīta att. 2.26.

Analizējot situāciju kontroles periodā, redzams, ka visās stacijās pie tās pašas diennakts vidējās temperatūras atšķiras mēneša vidējā nokrišņu intensitāte pavasara un rudens sezonās – vērojami mitri rudens un sausi pavasara mēneši. Izteiktāka šī īpašība parādās Rūjienā, Pāvilostā un Stendē, salīdzinoši mazāk izteikti – Daugavpilī un Bauskā.

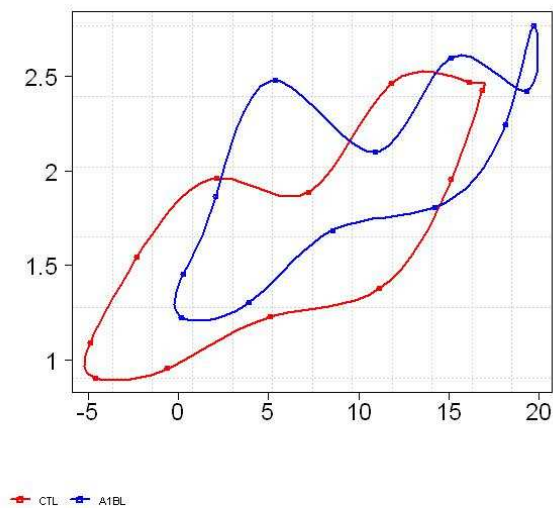
Salīdzinot situāciju tālajā nākotnē 2071-2100 ar kontroles periodu, visās stacijās uzskatāmi redzama visu mēnešu vidējās temperatūras palielināšanās tajā pat laikā vienlaikus palielinoties mēneša vidējai nokrišņu intensitātei.



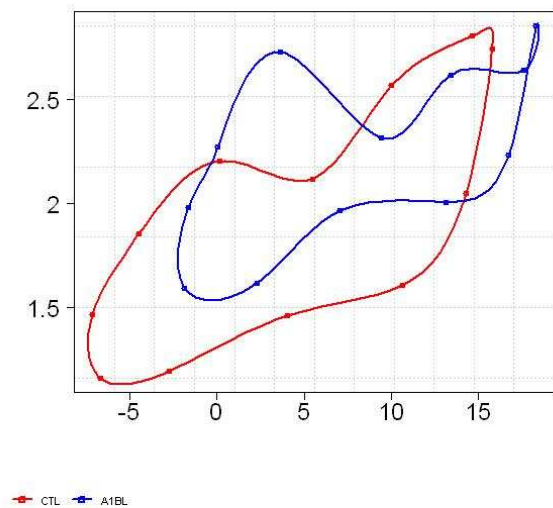




e) Rūjiena



f) Zilāni



g) Rīga

h) Zosēni

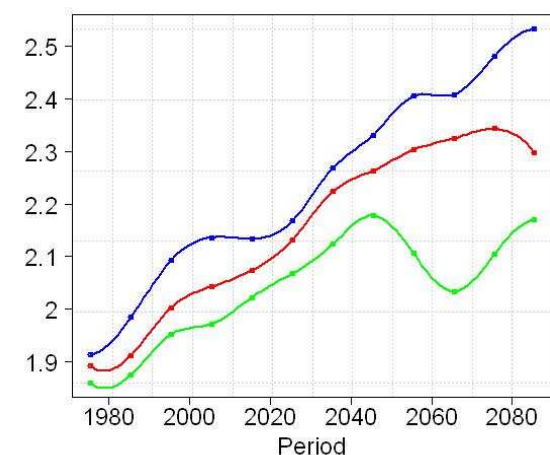
**2.26. attēls. Mēneša vidējās temperatūras (uz horizontālās ass, °C) un vidējās nokrišņu intensitātes (uz vertikālās ass, mm/dienn.) saistība mūsdienu klimatam 1961-1990 (sarkanā līnija) un tālajai nākotnei 2071-2100 (zilā līnija) dažādās stacijās (vidējo izmaiņu scenārijs).**

### 8.3 Gada vidējās nokrišņu intensitātes attīstība laikā

Par klimatisko gada vidējo nokrišņu daudzumu pieņemsim 30 gadu periodam vidējotu nokrišņu intensitāti. Att. 2.27 parādītas klimatiskās nokrišņu intensitātes izmaiņas laikā astoņām novērojumu stacijām atbilstoši 3 aplūkojamām – mērenai, vidējai un nozīmīgai – klimata izmaiņām. Projekciju kopsavilkums sniegts 2.7. tabulā.

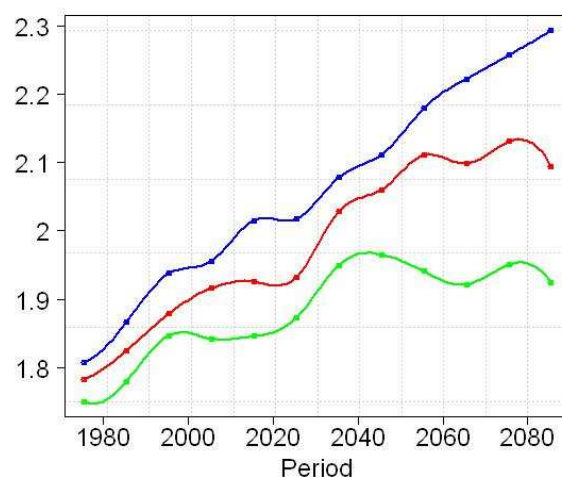
Saskaņā ar modeļaprēķinu statistisko analīzi vidējā 30 gadu perioda nokrišņu intensitāte nevienmērīgi pieaug visās apskatītajās stacijās. References periodā mazākā nokrišņu intensitāte 1.6 mm/dienn. vērojama Bauskā, bet lielākā Zosēnos – 1.95 mm/dienn. Tālajā nākotnē, saskaņā ar vidējo izmaiņu scenāriju, sagaidāmais pieaugums Zosēnos līdz 2.25 mm/dienn, bet Bauskā – līdz 1.85 mm/dienn. Vērojama atsevišķu scenāriju nokrišņu intensitātes projekciju atšķirību palielināšanās, attālinoties no references perioda.

Nozīmīgajā klimata izmaiņu scenārijā sagaidāma nepārtraukta nokrišņu intensitātes palielināšanās. Vidēju izmaiņu scenārija, tā ir straujāka tuvajā nākotnē un palēninās tālajā nākotnē. Savukārt, atbilstoši mēreno izmaiņu scenārijam, nokrišņu intensitāte pēc sākotnējā pieauguma (tuvajā nākotnē) saglabāsies tuvas nākotnes līmenī, vai pat nedaudz samazināsies tālajā nākotnē.



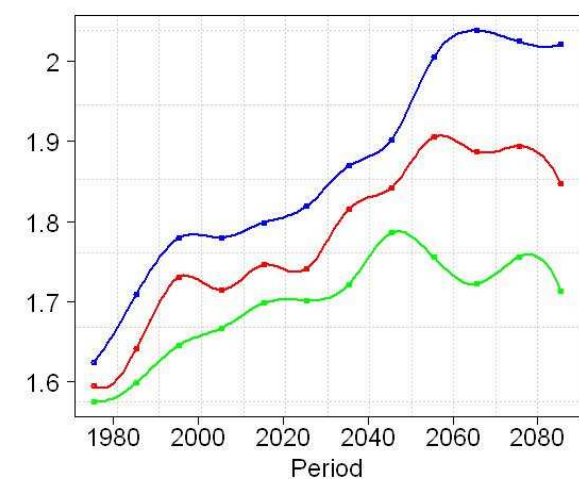
— — —

a) Pāvilosta

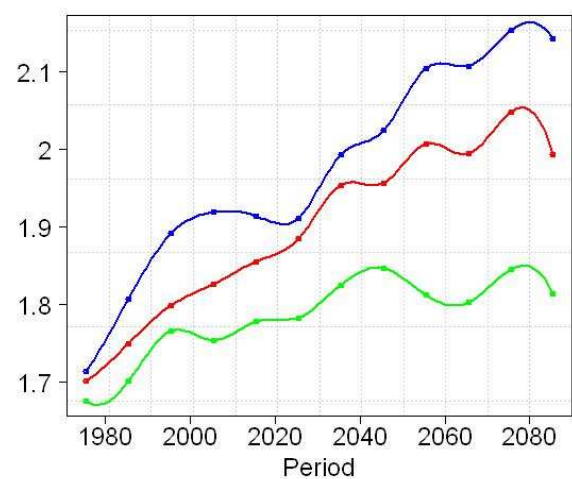


— — —

b) Stende

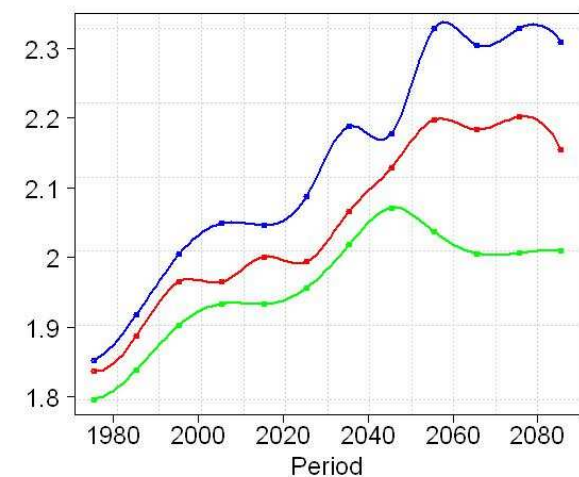


— — —



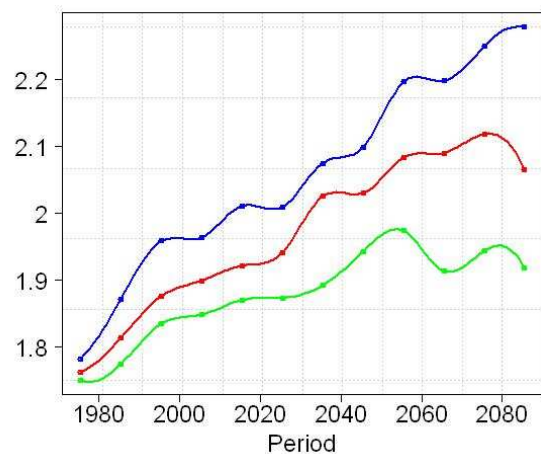
— — —

c) Bauska



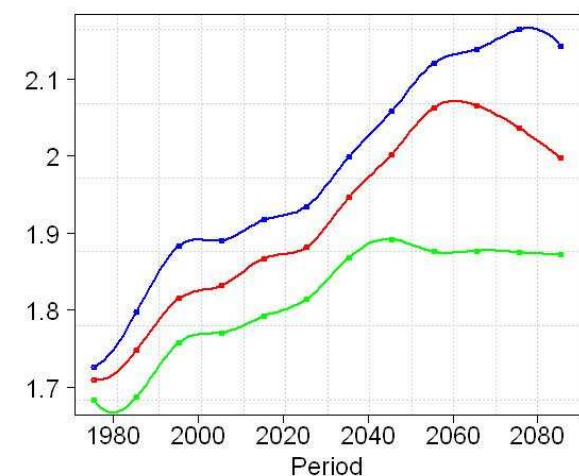
— — —

d) Daugavpils



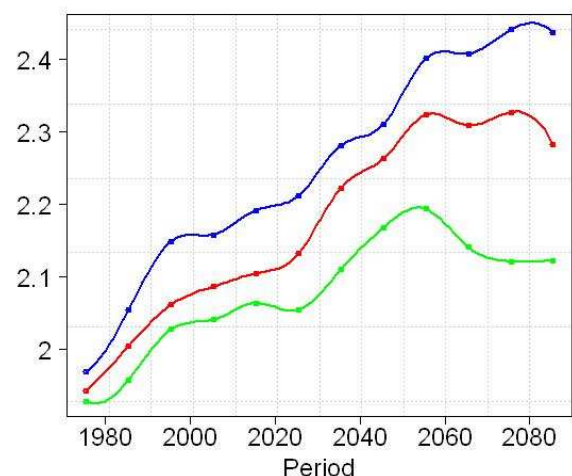
— — —

e) Rūjiena



— — —

f) Zilāni



— — —

g) Rīga

h) Zosēni

2.27. attēls. 30 gadu perioda vidējās nokrišņu intensitātes mm/dienn. attīstība laikā dažādās stacijās – mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zilā līnija) izmaiņu scenārijs.

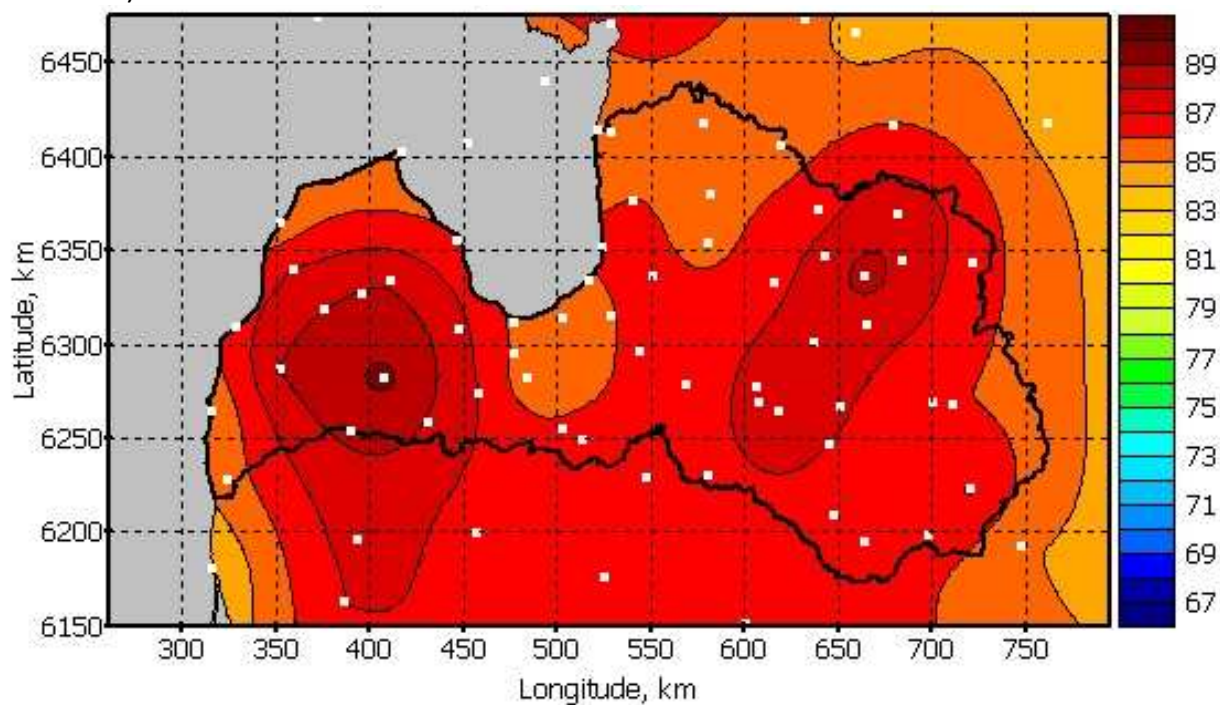


## 30 gadu vidējā nokrišņu intensitāte un tās pieaugums mm/dienn. dažādās stacijās

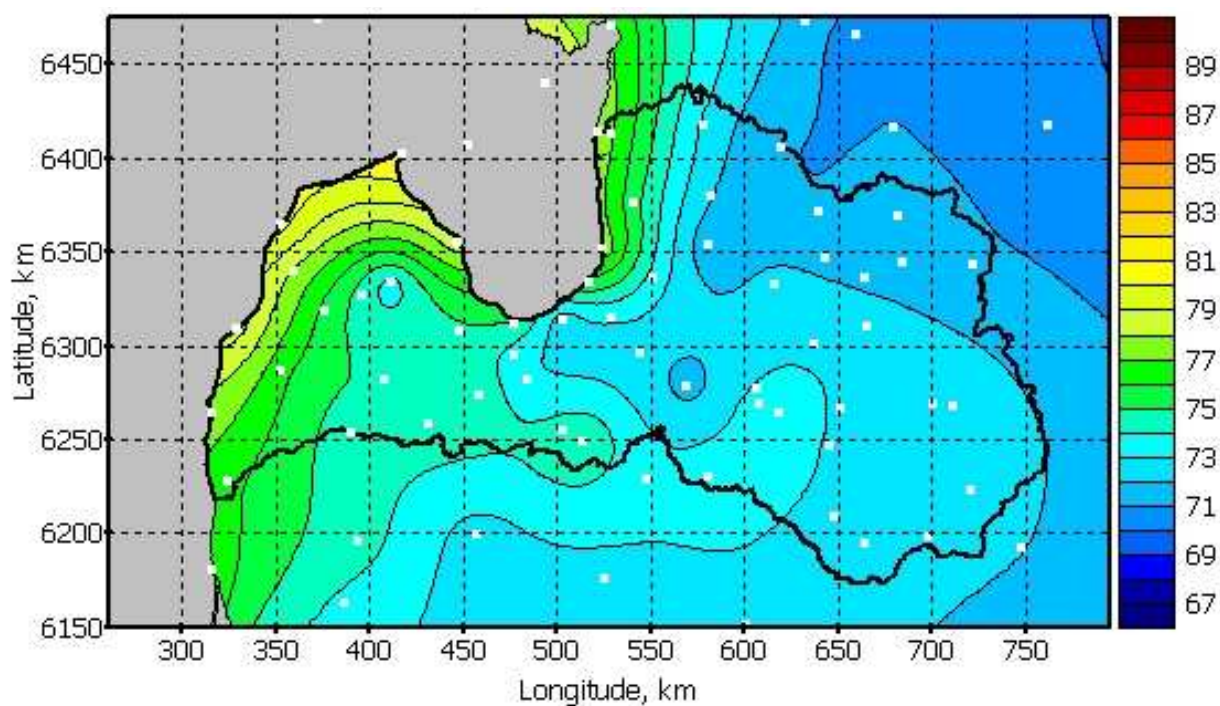
Stacija	Scenārijs	Kontroles periods	Tuvā nākotne	Tālā nākotne	Pieaugums tuvā nākotnē	Pieaugums tālā nākotnē
Daugavpils	mēreno izmaiņu	1.66	1.85	1.81	0.19	0.15
	vidējo izmaiņu	1.70	1.95	2.00	0.25	0.30
	nozīmīgo izmaiņu	1.71	1.99	2.14	0.28	0.43
Bauska	mēreno izmaiņu	1.58	1.73	1.71	0.15	0.13
	vidējo izmaiņu	1.60	1.82	1.85	0.22	0.25
	nozīmīgo izmaiņu	1.62	1.93	2.02	0.31	0.40
Rūjiena	mēreno izmaiņu	1.80	2.02	2.01	0.22	0.21
	vidējo izmaiņu	1.84	2.10	2.15	0.26	0.31
	nozīmīgo izmaiņu	1.85	2.15	2.31	0.30	0.46
Stende	mēreno izmaiņu	1.75	1.95	1.92	0.20	0.17
	vidējo izmaiņu	1.78	2.03	2.09	0.25	0.31
	nozīmīgo izmaiņu	1.80	2.11	2.29	0.31	0.49
Zilāni	mēreno izmaiņu	1.75	1.90	1.92	0.15	0.17
	vidējo izmaiņu	1.76	2.03	2.07	0.27	0.31
	nozīmīgo izmaiņu	1.78	2.08	2.27	0.30	0.49
Zosēni	mēreno izmaiņu	1.93	2.11	2.12	0.18	0.19
	vidējo izmaiņu	1.94	2.22	2.29	0.28	0.35
	nozīmīgo izmaiņu	1.96	2.29	2.44	0.33	0.48
Pāvilosta	mēreno izmaiņu	1.87	2.12	2.17	0.25	0.30
	vidējo izmaiņu	1.89	2.22	2.30	0.33	0.41
	nozīmīgo izmaiņu	1.91	2.30	2.53	0.39	0.62

## 9. DIENNAKTS VIDĒJAIS RELATĪVAIS MITRUMS

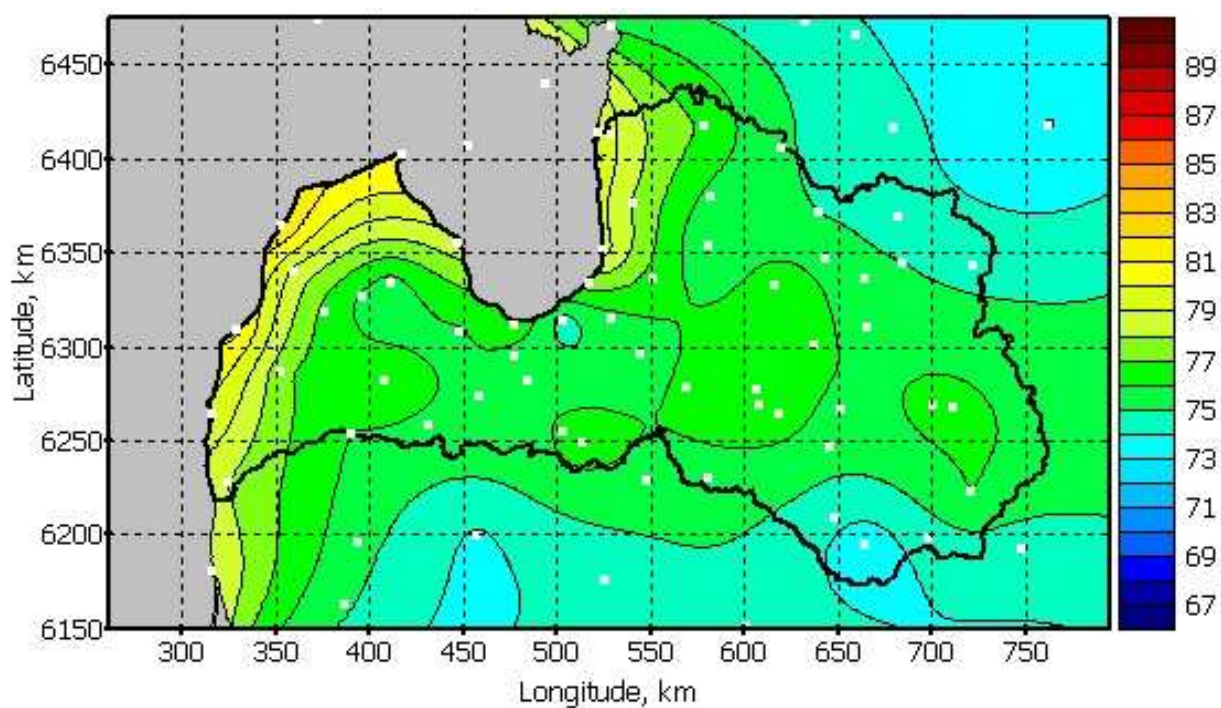
Mēnešu vidējais relatīvais mitrums dažādām sezonām mūsdienu klimata (1961-1990) apstākļiem parādīta att. 2.28, bet tā izmaiņu projekcijas, attiecīgi, tuvajai (2021-2050) un tālajai (2071-2100) nākotnei - att. 2.29-2.30.



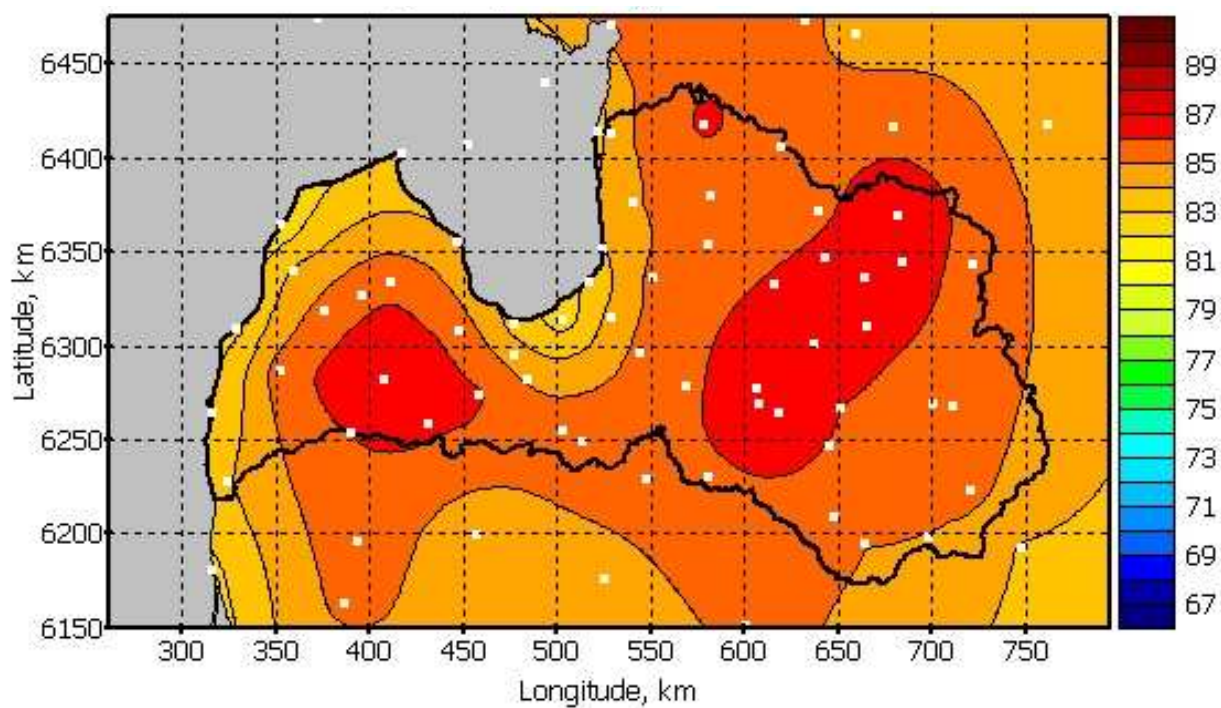
a) Janvāris



b) Aprīlis



c) Jūlijs

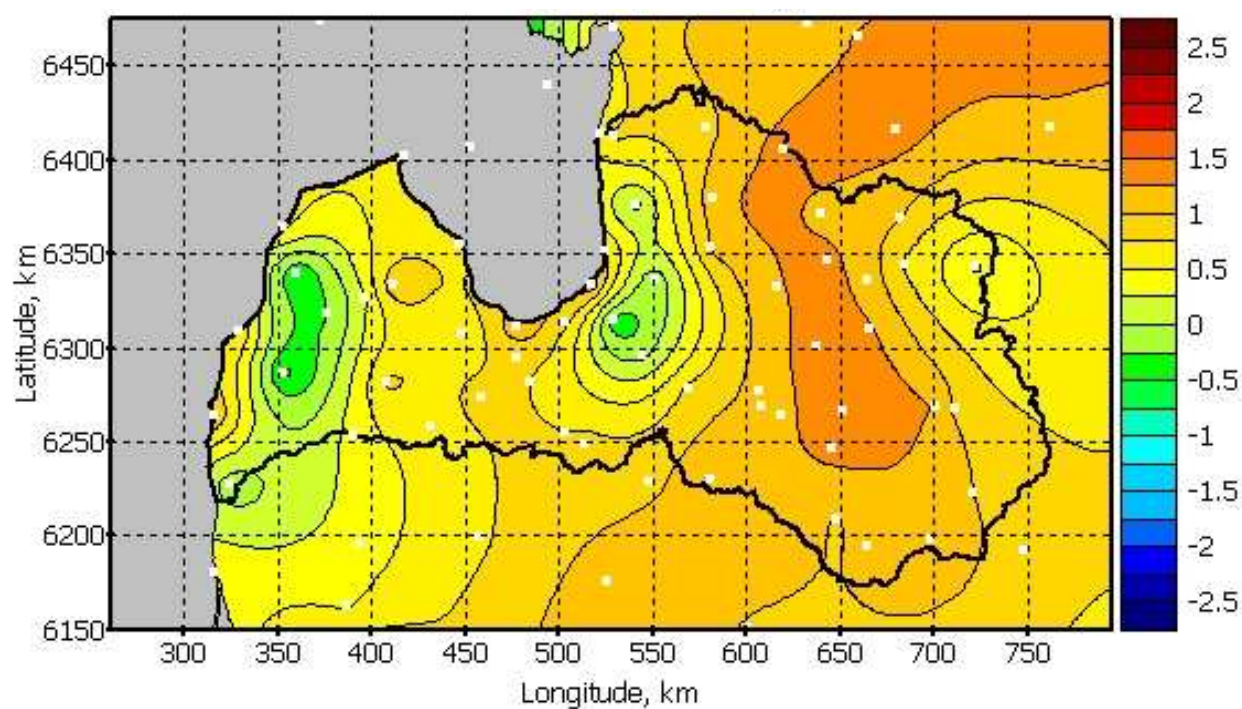
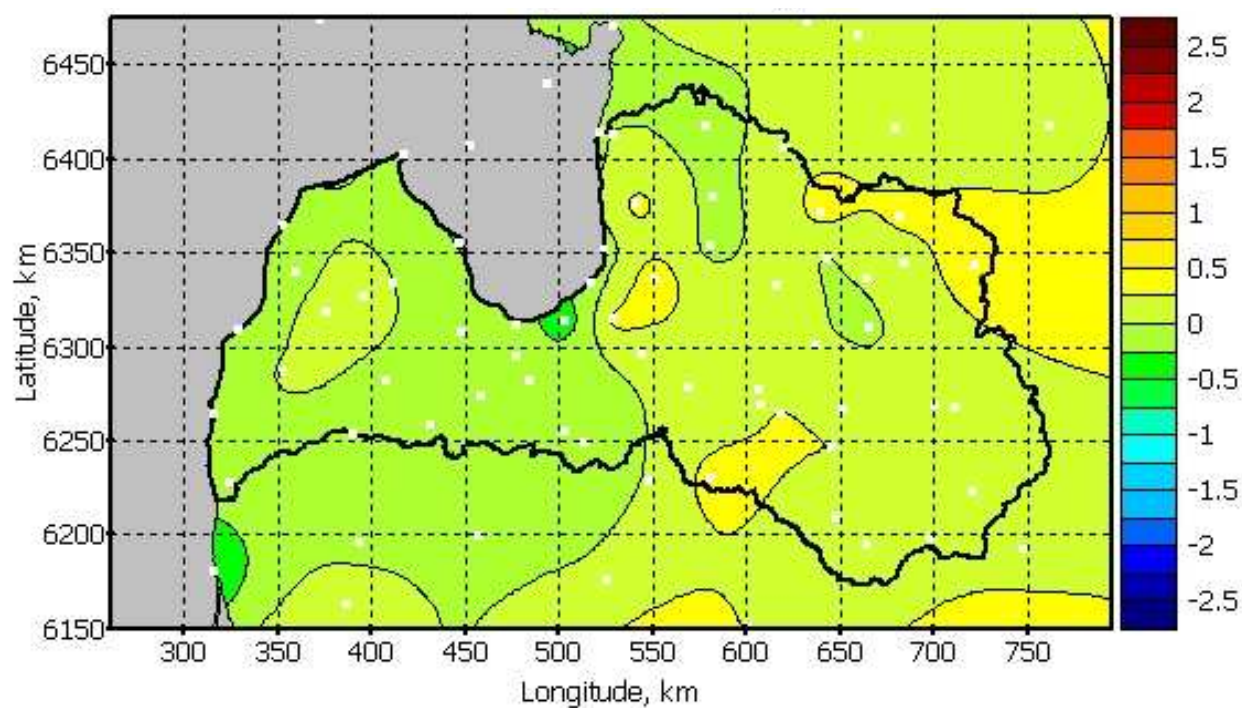


d) Oktobris

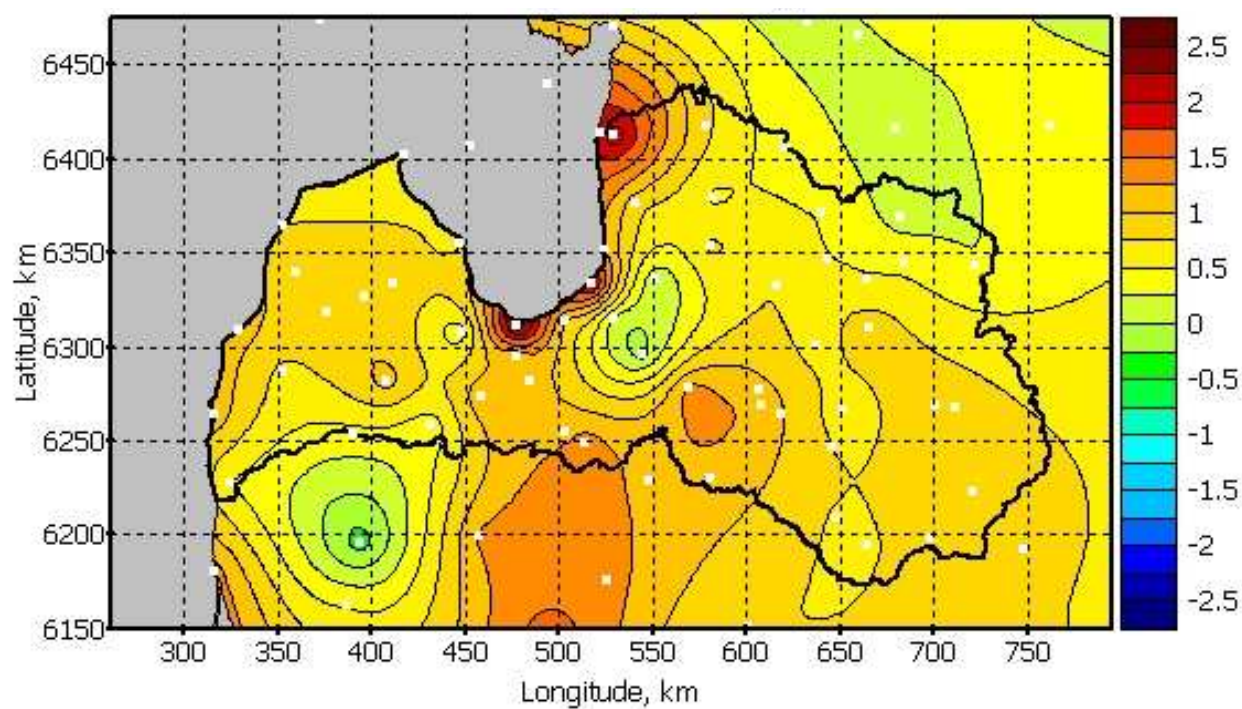
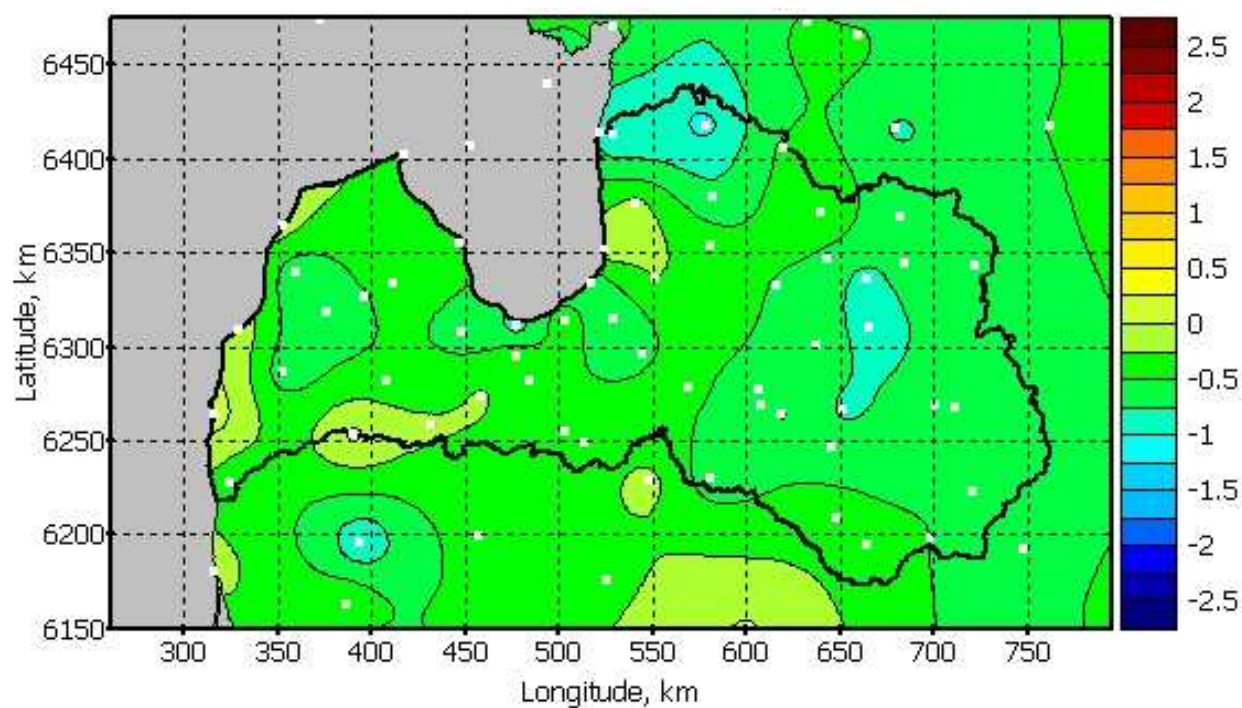
**2.28. attēls. Diennakts vidējais relatīvais mitrums % kontroles periodā (1961-1990).**

Visaugstākais relatīvais mitrums kontroles periodā vērojams janvāra un oktobra mēnešos – sasniedzot attiecīgi 90 un 87 %. Visās sezonās augstākās relatīvā mitruma vērtības ir Baltijas jūras Kurzemes piekrastei tuvākās teritorijās.



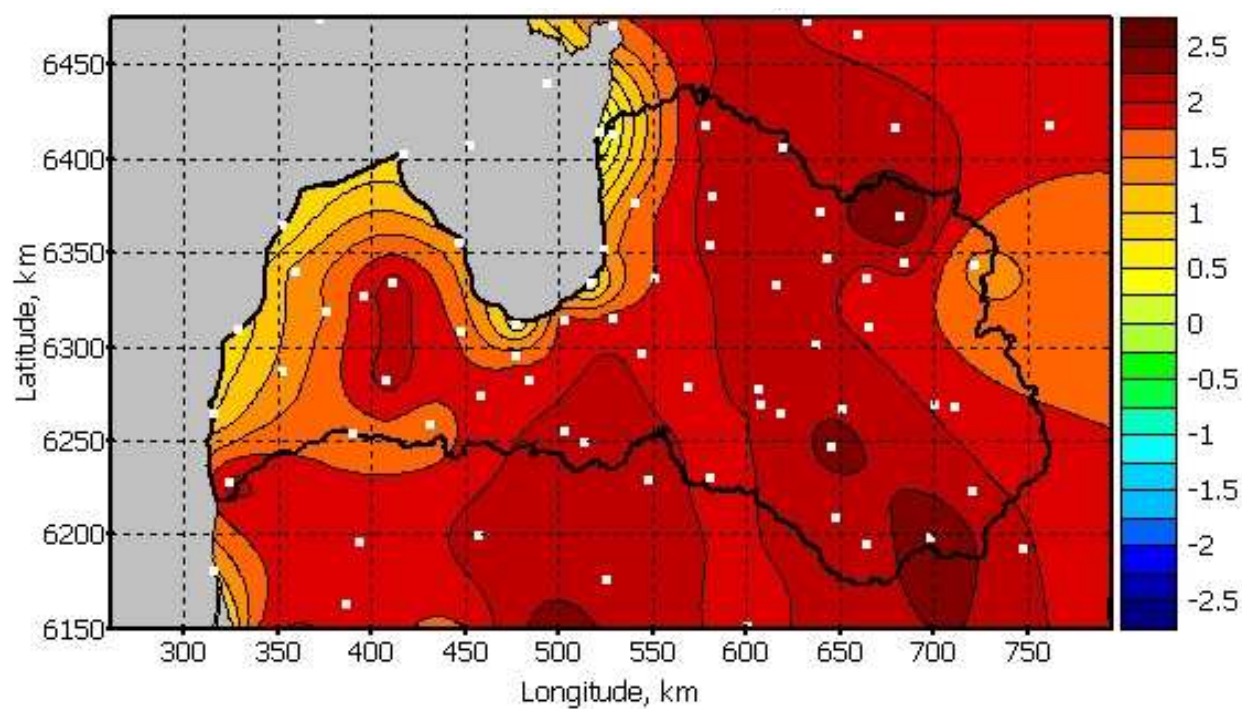
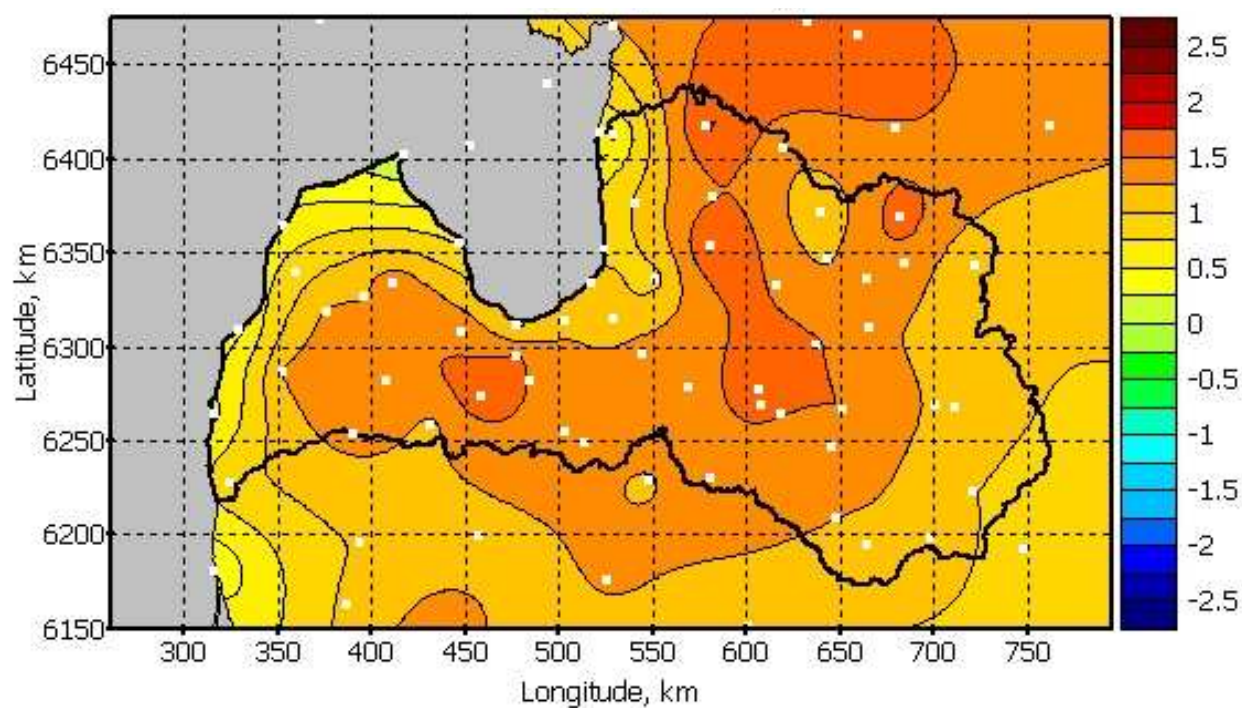


a) Janvāris



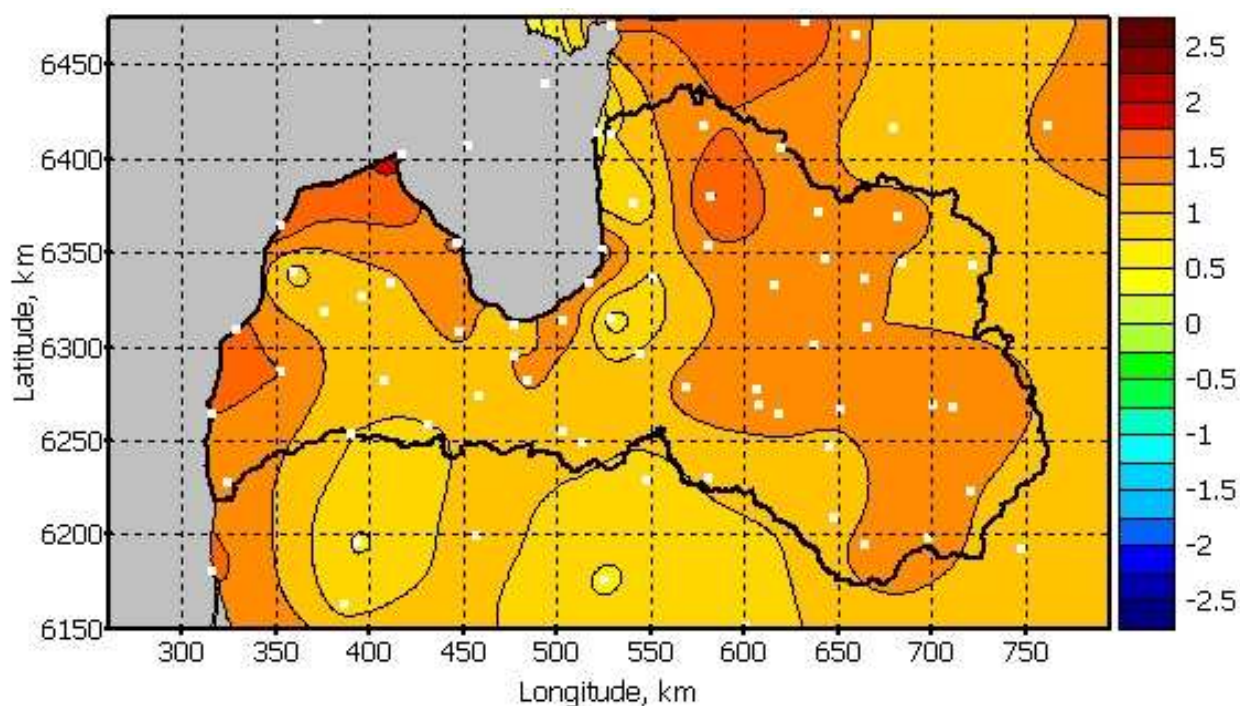
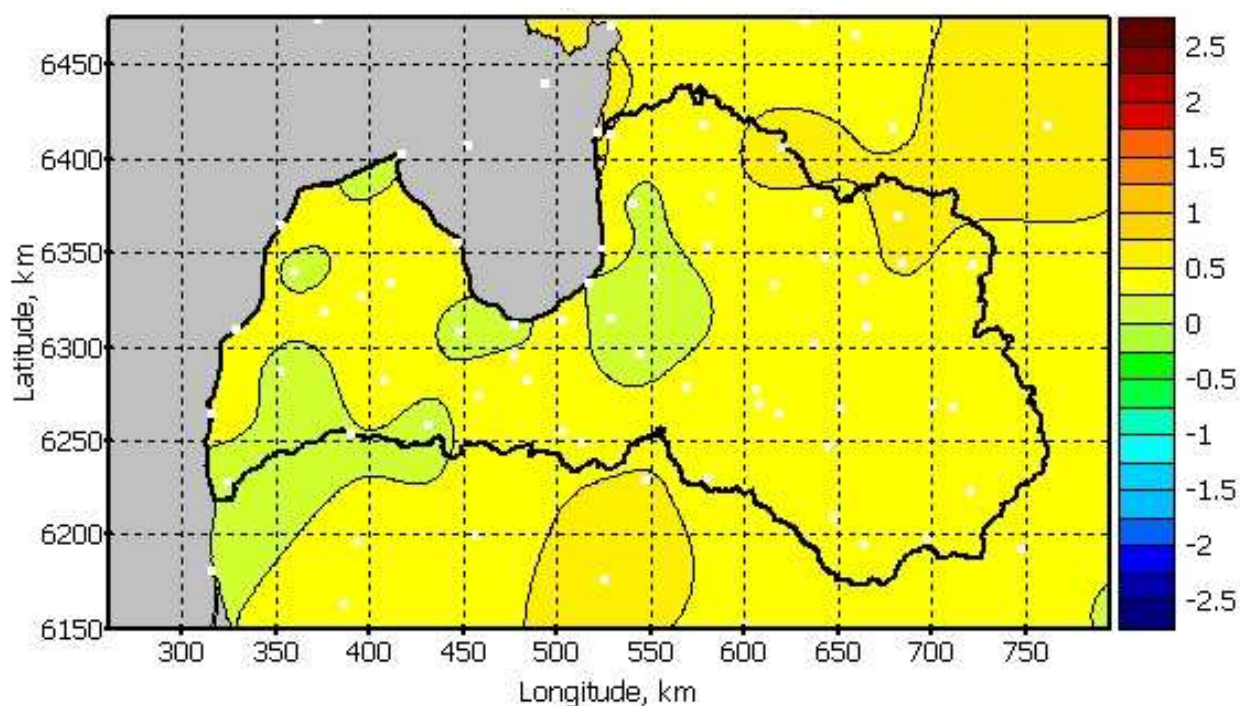
b) Aprilis





c) Jūlijs



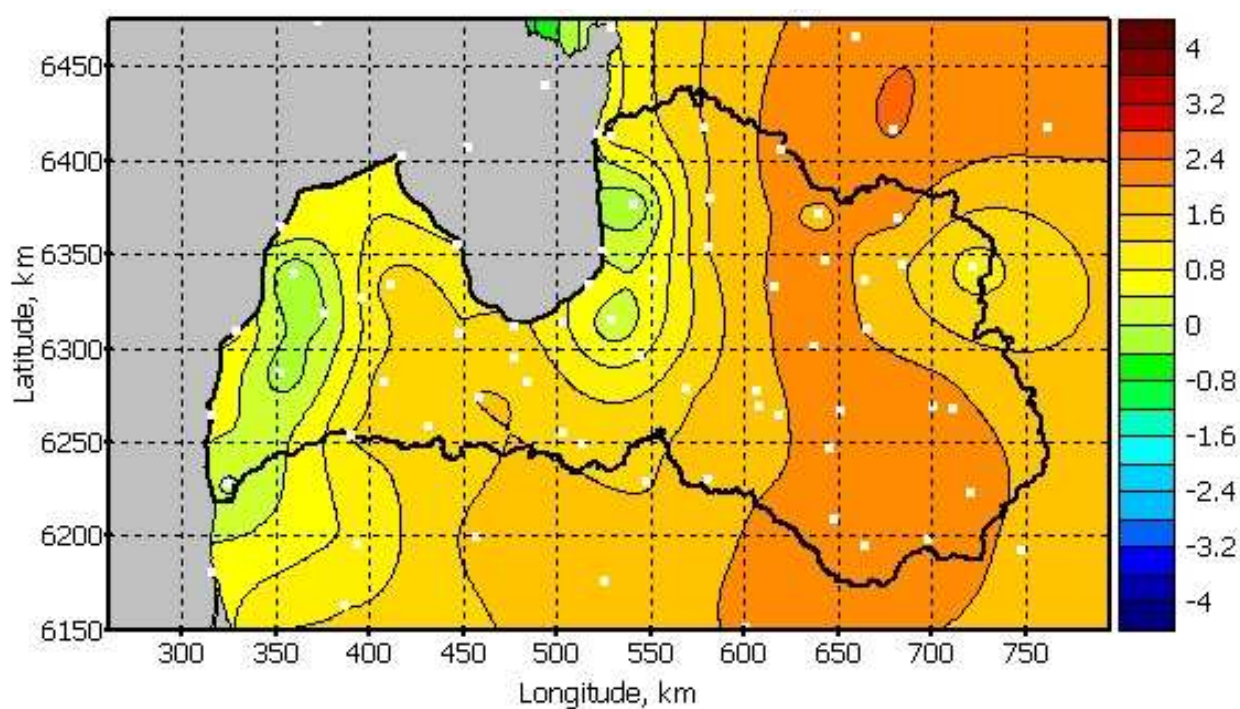
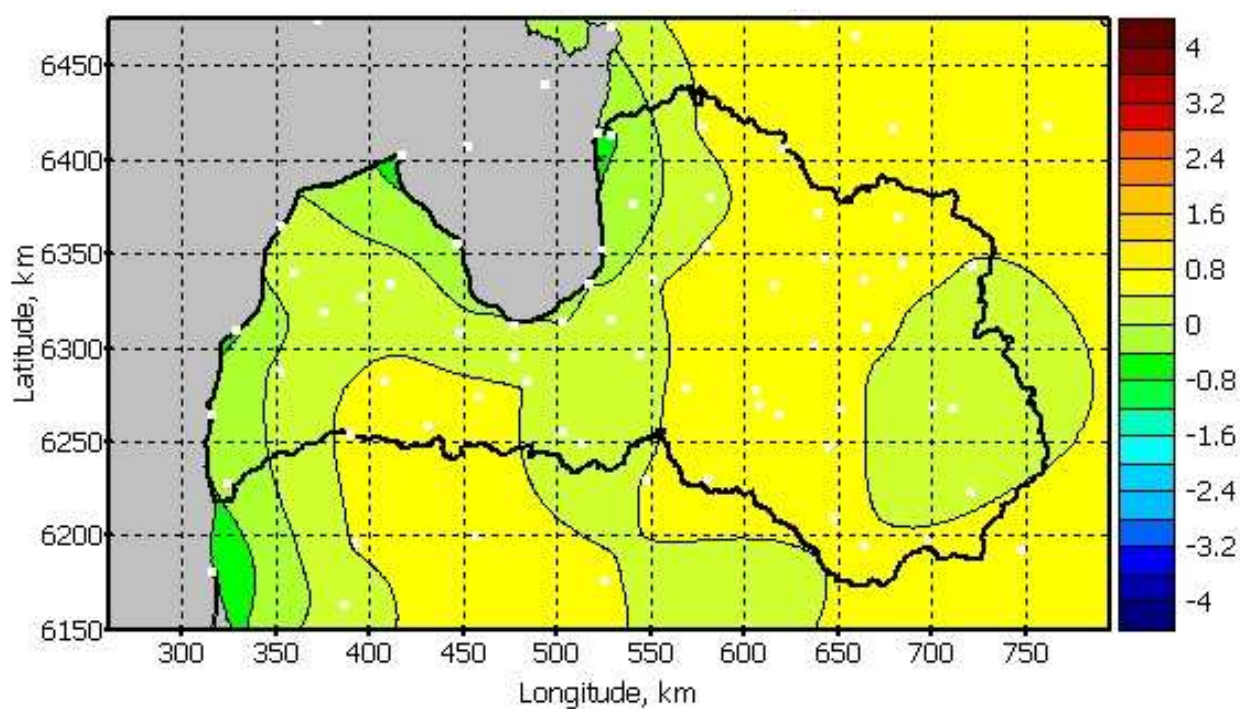


d) Oktobris

## 2.29. attēls. Relatīvā mitruma (%) izmaiņu sezonālitate tuvajā nākotnē (2021-2050) vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijiem.

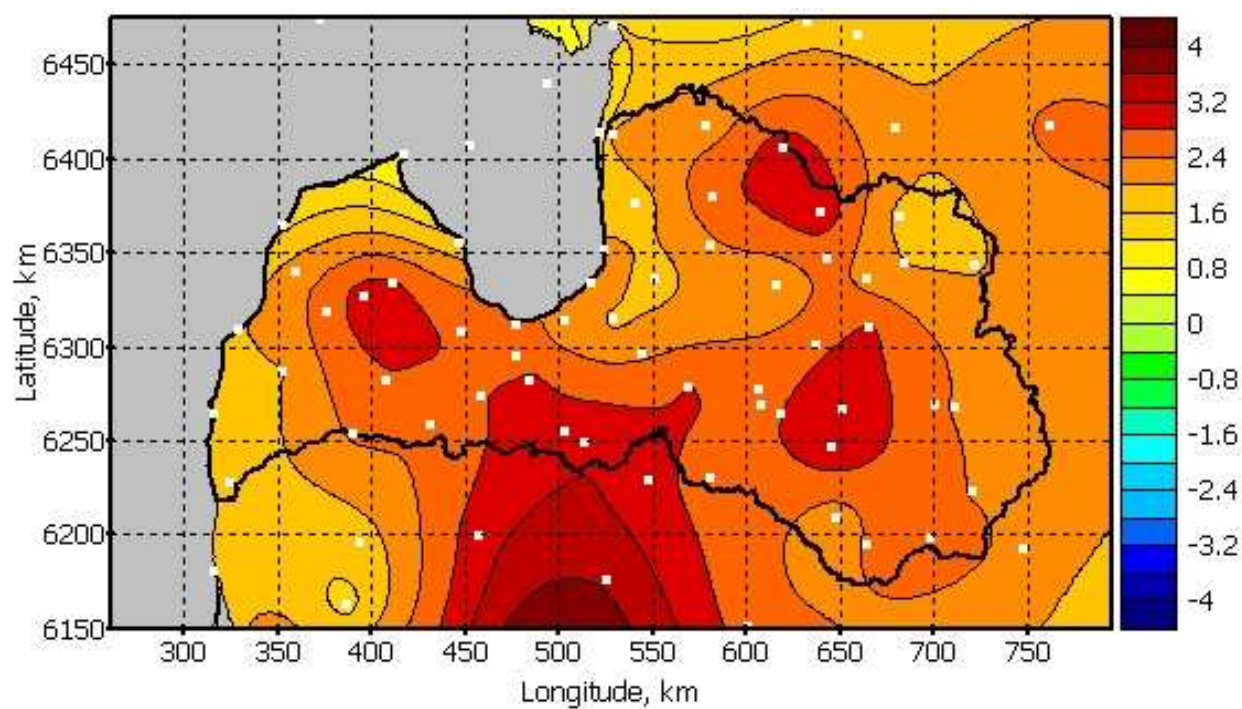
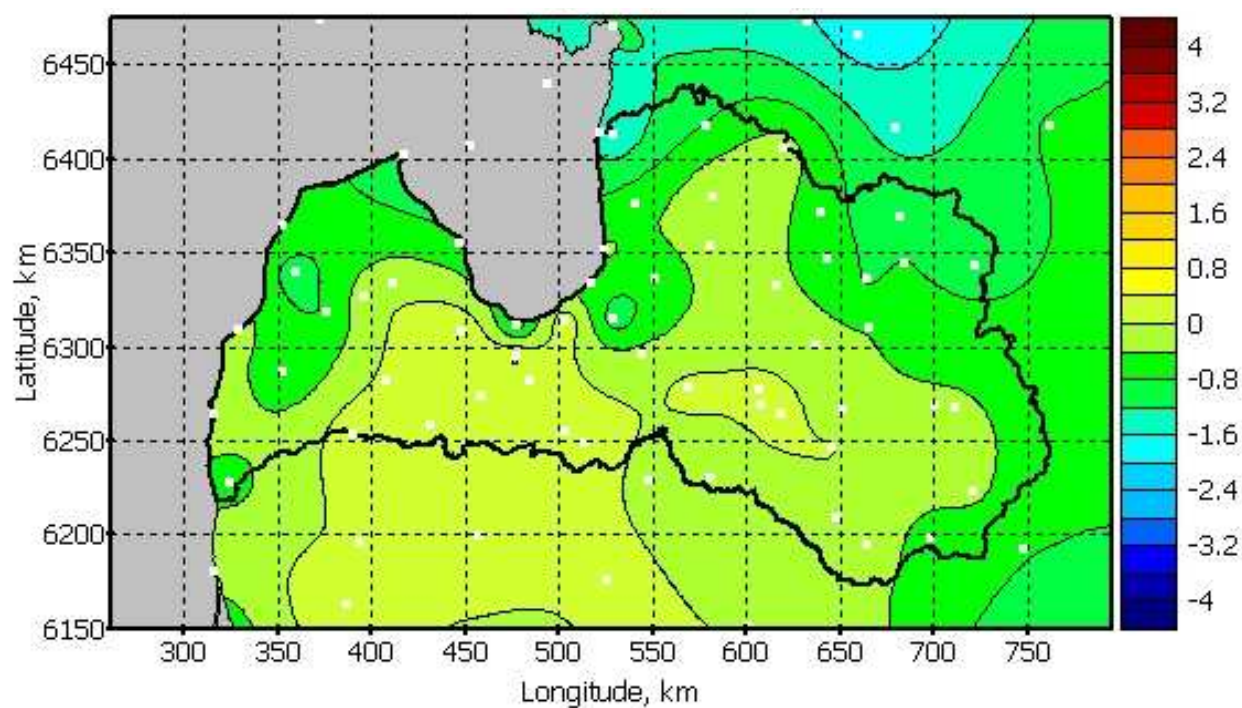
Tuvajā nākotnē vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenāriji būtiskas relatīvā mitruma izmaiņas neparedz. Lielākās izmaiņas visā apskatītajā reģionā vērojamas jūlija mēnesī, kad dažviet pieaugums pārsniedz 1.6 %. Lielākais samazinājums paredzams aprīļa mēnesī, kad dažviet reģionā relatīvais mitrums samazinās par vairāk nekā 1 %. Saskaņā ar vidējo un nozīmīgo

izmaiņu scenāriju Latvijas teritorijā nevienā no sezonām izmaiņas nepārsniedz 2.6 % - turklāt dažviet paredzama samazināšanās, citviet – palielināšanās.



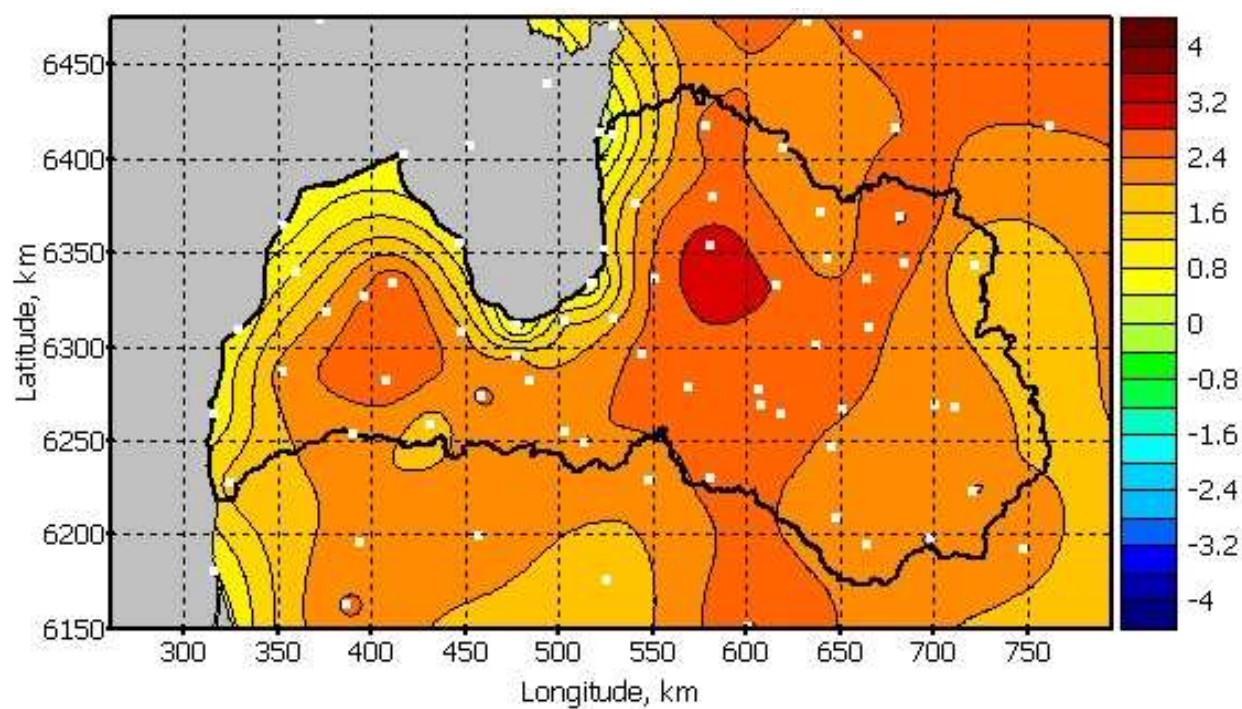
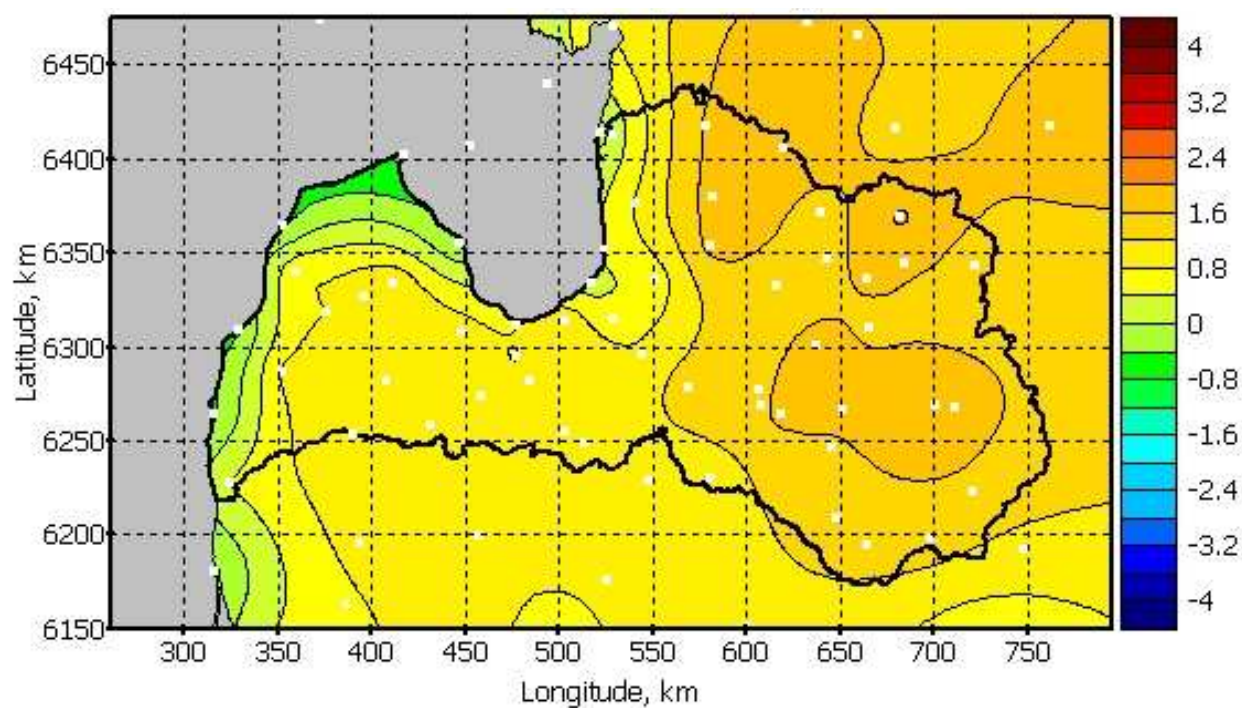
a) Janvāris



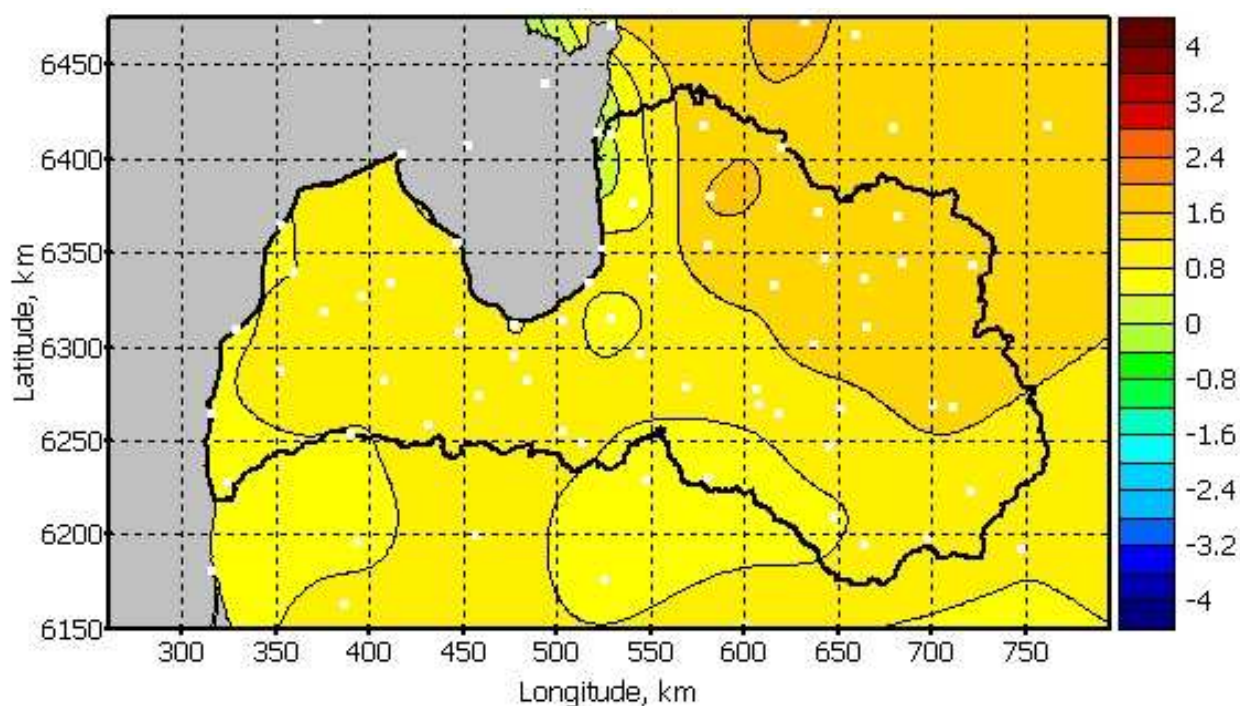
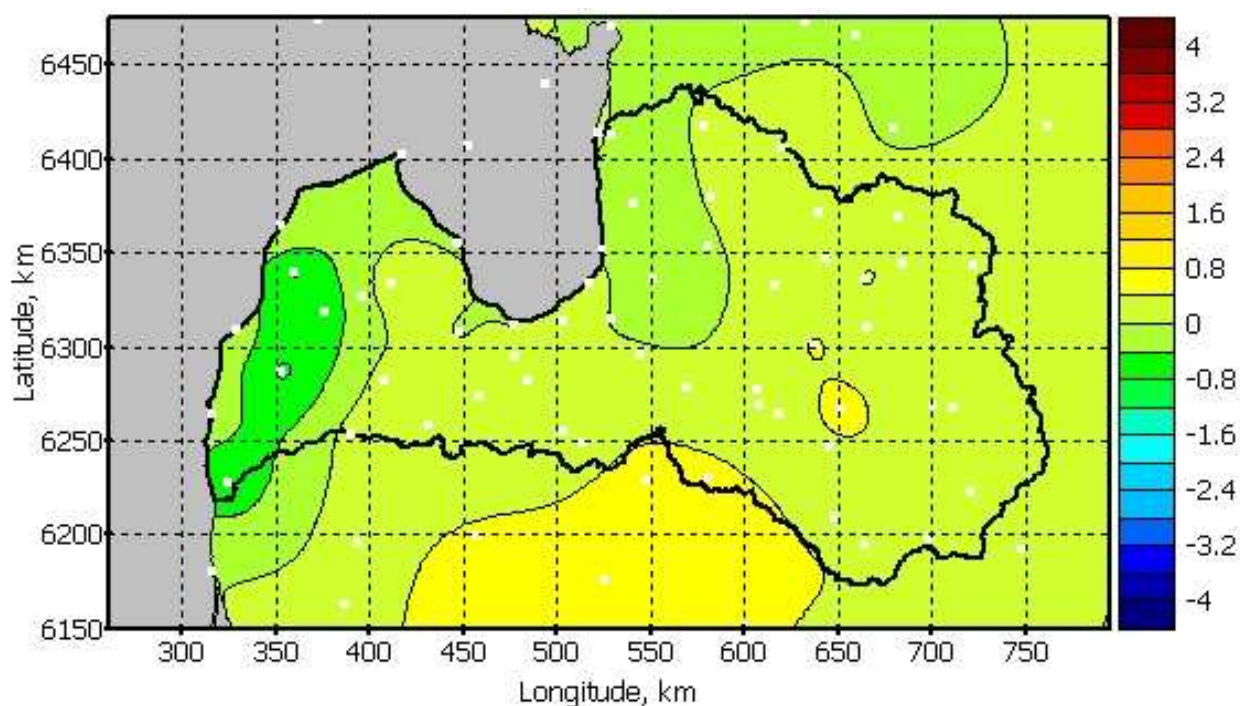


b) Aprilis





c) Jūlijs



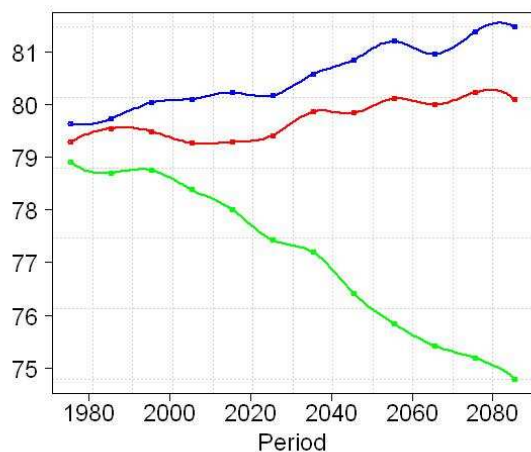
d) Oktobris

### 2.30. attēls. Relatīvā mitruma (%) izmaiņu sezonālitate tālajā nākotnē (2071-2100) vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijiem.

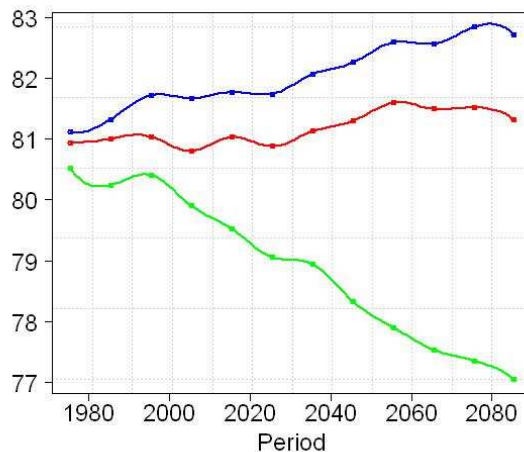
Arī tālajā nākotnē (att. 2.30) vidējo izmaiņu scenārijs būtiskas relatīvā mitruma izmaiņas neparedz (tās ir zem 2.5 % jūlijā, bet janvārī, aprīlī un oktobrī zem 1%). Nozīmīgo izmaiņu scenārijs atsevišķās reģiona vietās paredz pieaugumu līdz 5 % janvāra un aprīļa mēnešos. Latvijas teritorijā maksimālais iespējamais pieaugums nepārsniedz 3.6 %.



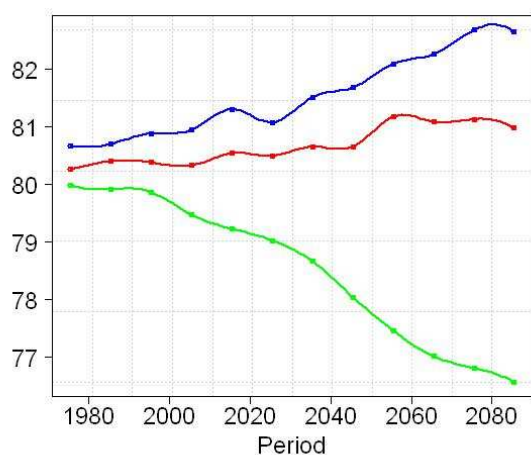
Par klimatisko gada vidējo relatīvo mitrumu pieņemsim 30 gadu periodam vidējotu relatīvo mitrumu. Att. 2.31 parādītas klimatiskās relatīvā mitruma izmaiņas laikā astoņām novērojumu stacijām atbilstoši 3 aplūkojamām – mērenai, vidējai un nozīmīgai – klimata izmaiņām. Ja vidēju un nozīmīgu klimata izmaiņu scenārijs paredz relatīvā mitruma pieaugumu, tad mēreno izmaiņu scenārija gadījumā sagaidāms relatīvā mitruma samazinājums, it īpaši tālajā nākotnē.



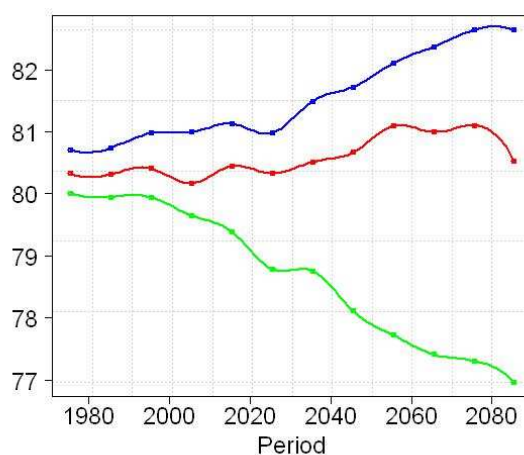
a) Daugavpils



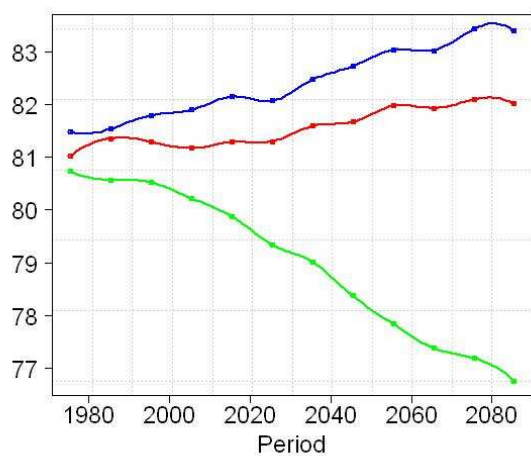
b) Bauska



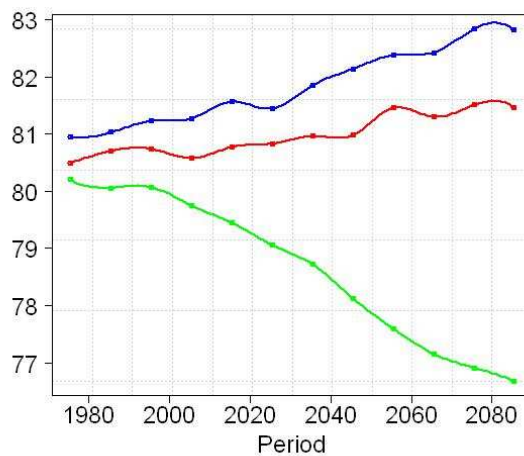
c) Rūjiena



d) Stende

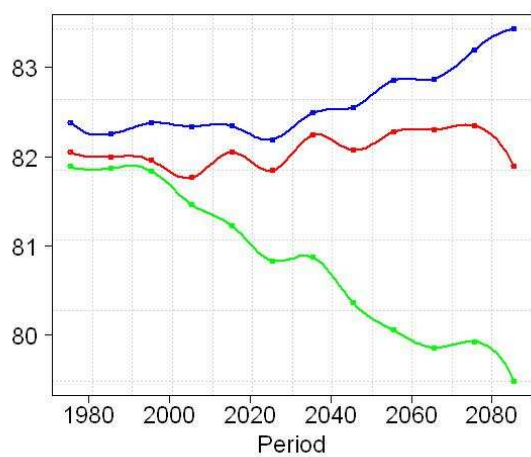


e) Zilāni

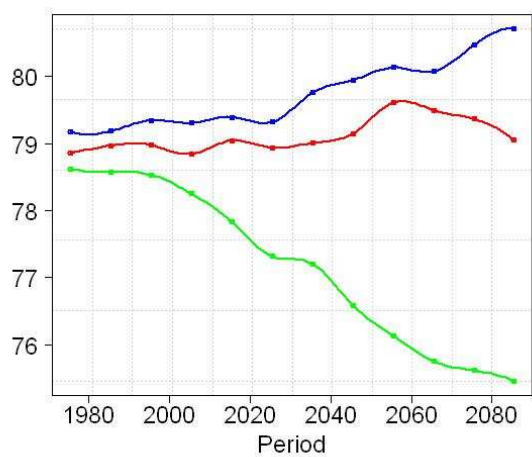


f) Zosēni





*g) Pāvilosta*



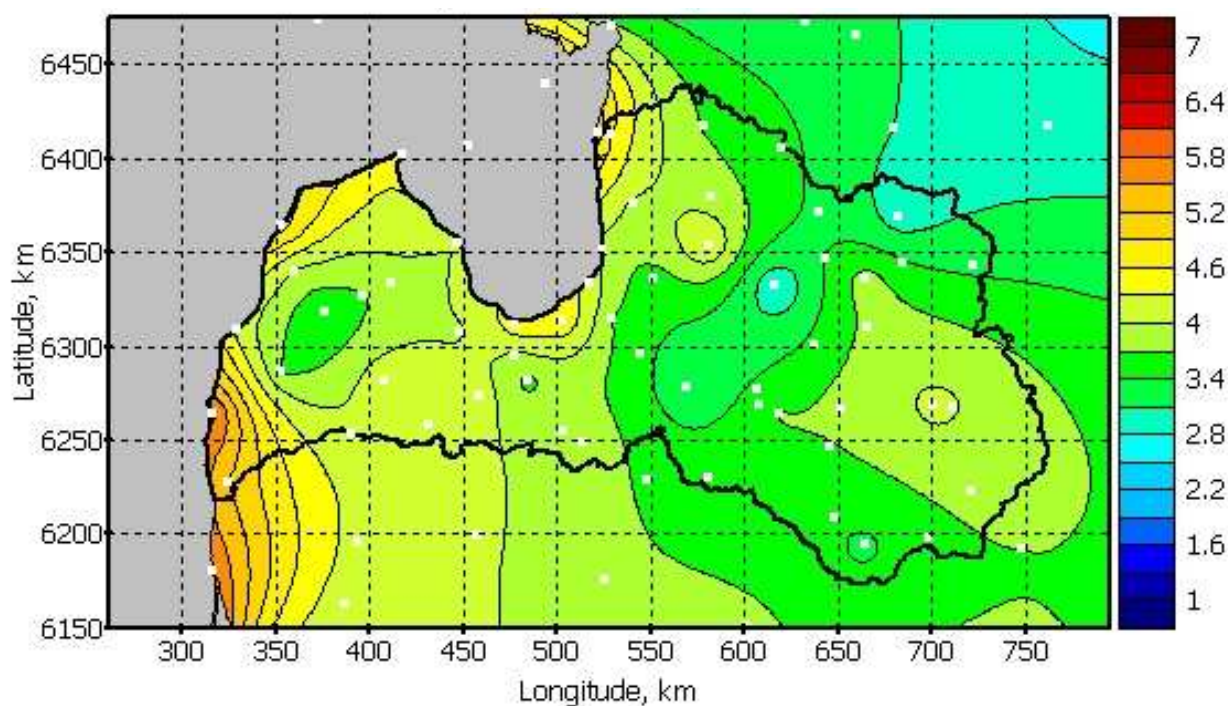
*h) Rīga*

**2.31. attēls. 30 gadu perioda vidējā relatīvā mitruma % attīstība laikā mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zilā līnija) izmaiņu scenārijiem.**

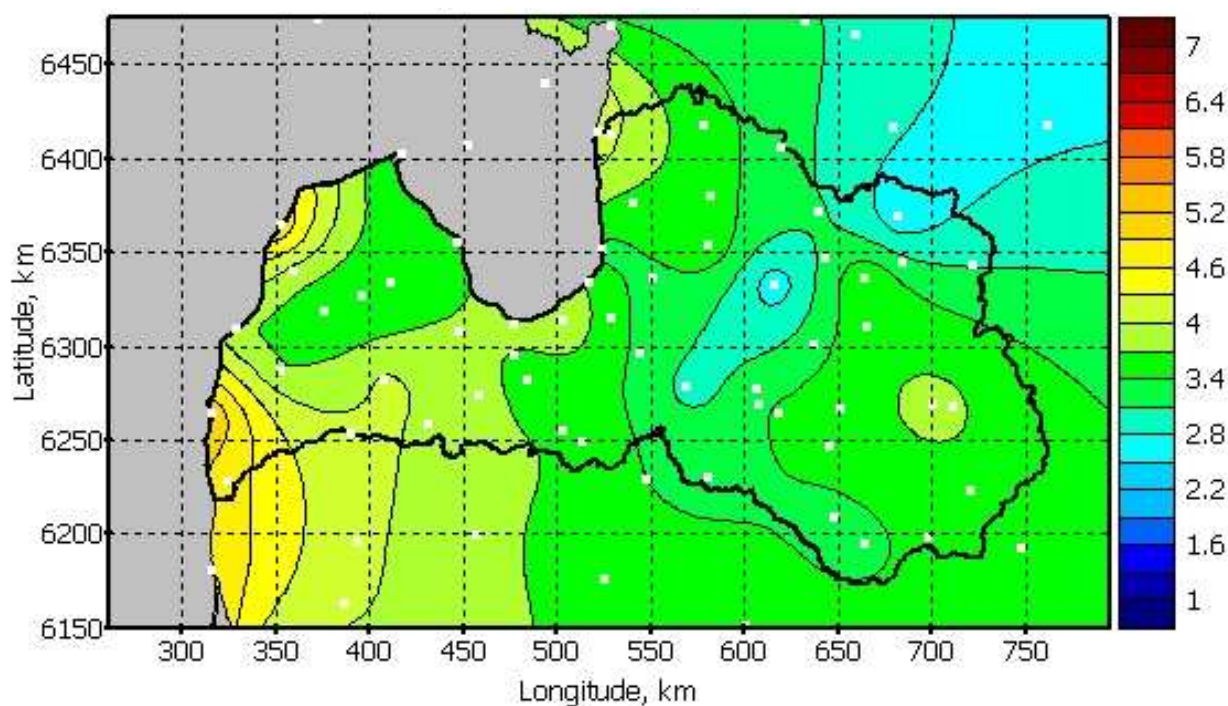
## 10. VĒJA ĀTRUMS

### 10.1 Vēja ātruma sezonālitate

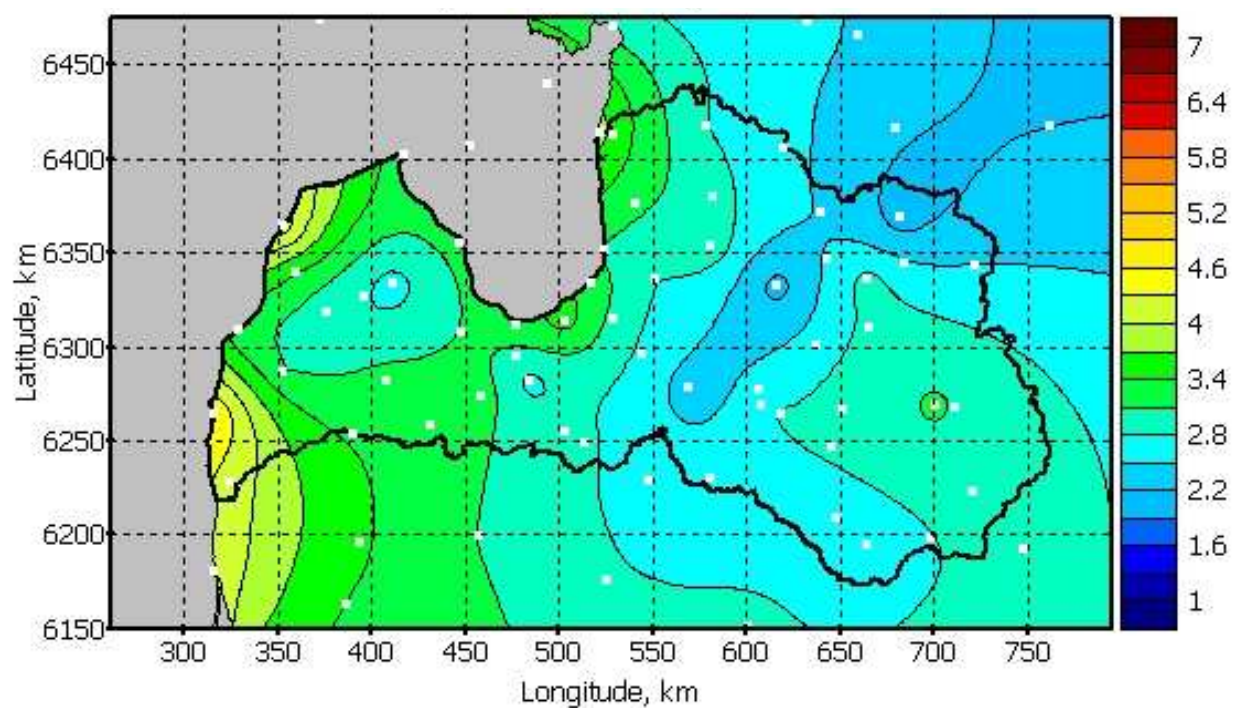
Mēnešu vidējā vēja ātruma sadalījums dažādām sezonām mūsdienu klimata (1961-1990) apstākļiem parādīta att. 2.32, bet tā izmaiņu projekcijas, attiecīgi, tuvajai (2021-2050) un tālajai (2071-2100) nākotnei - att. 2.33-2.34.



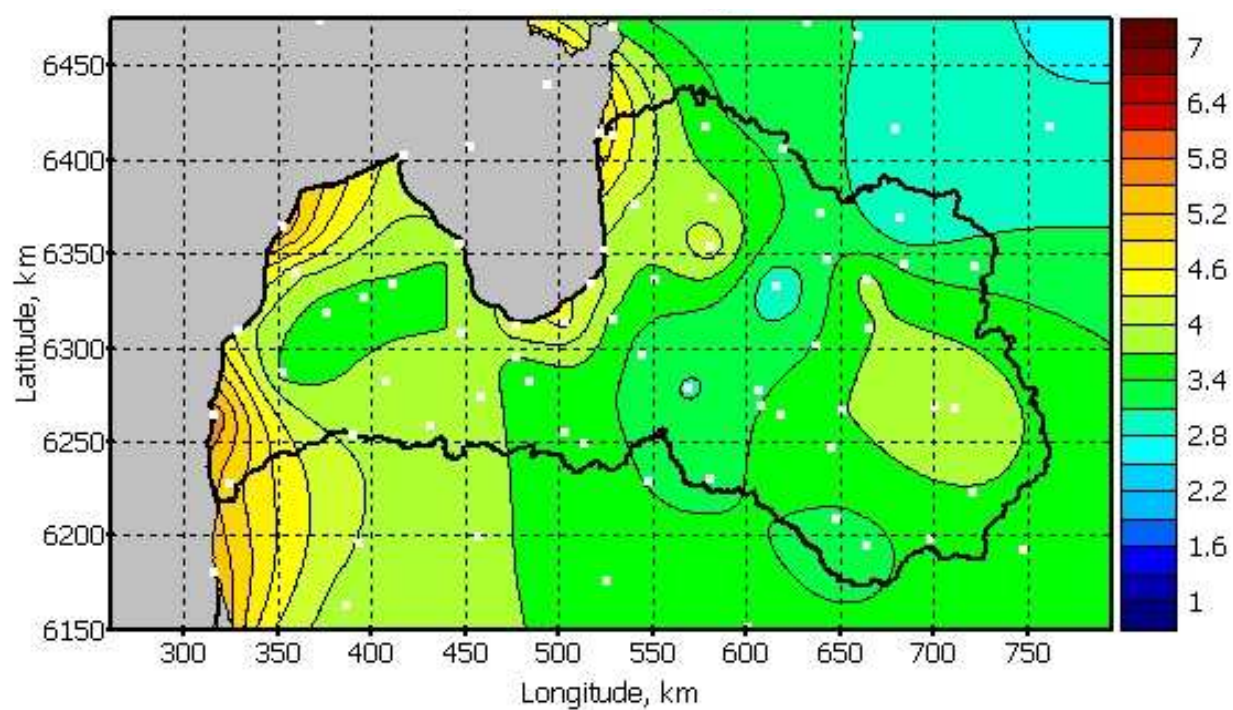
a) Janvāris



b) Aprīlis



c) Jūlijs

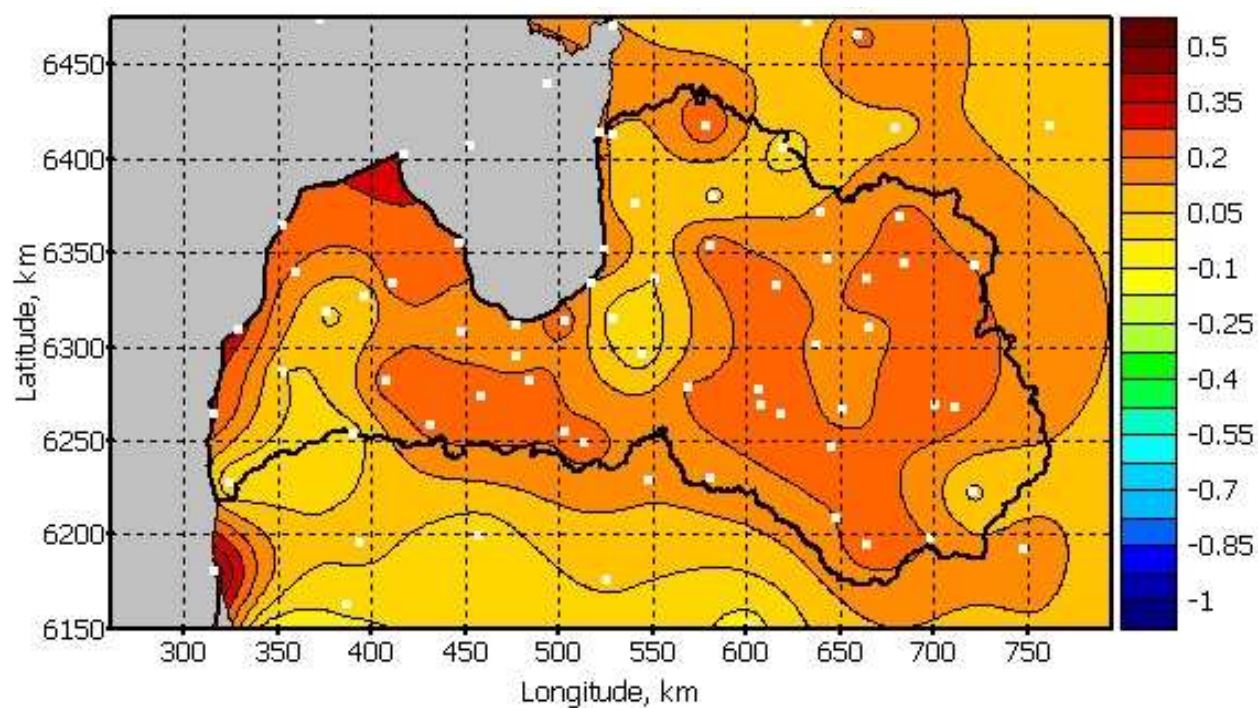
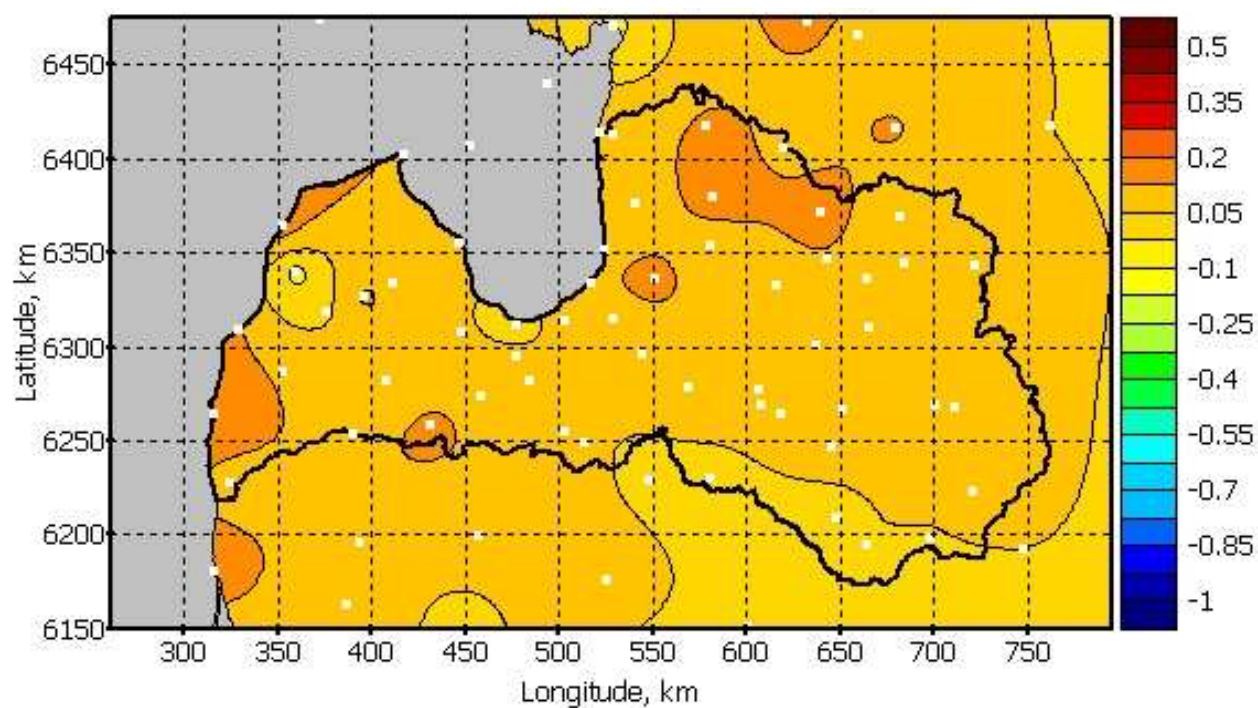


d) Oktobris

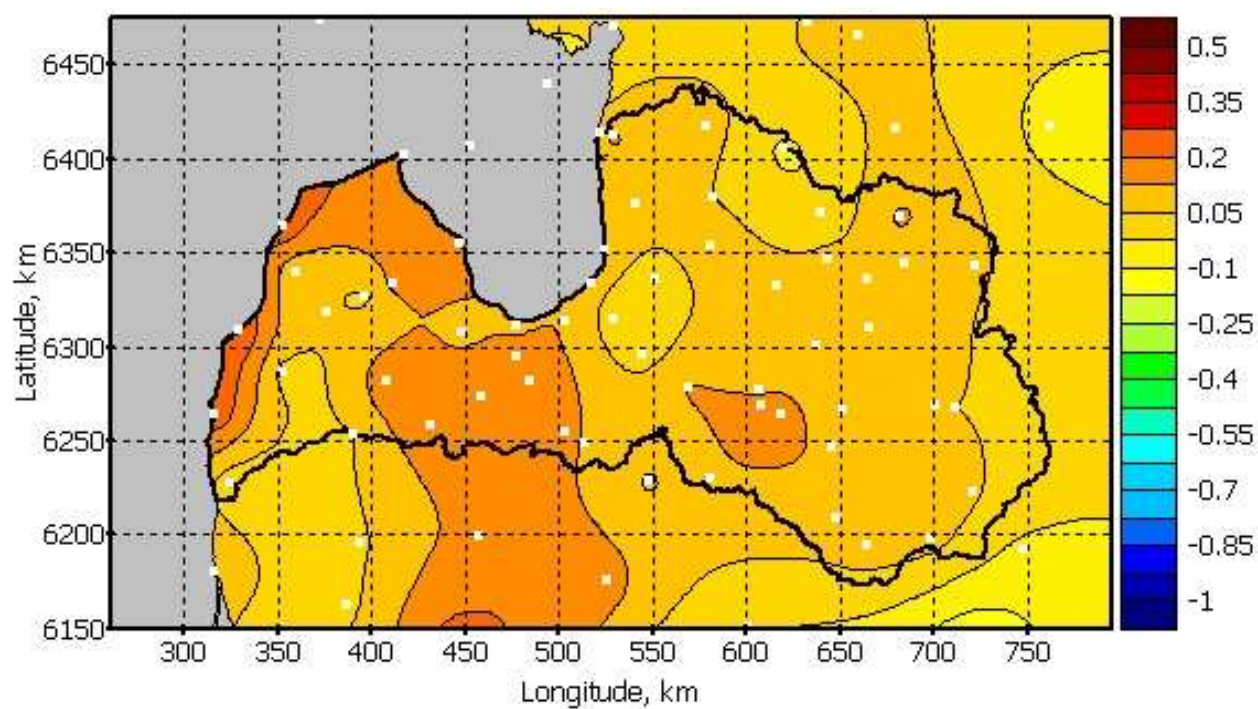
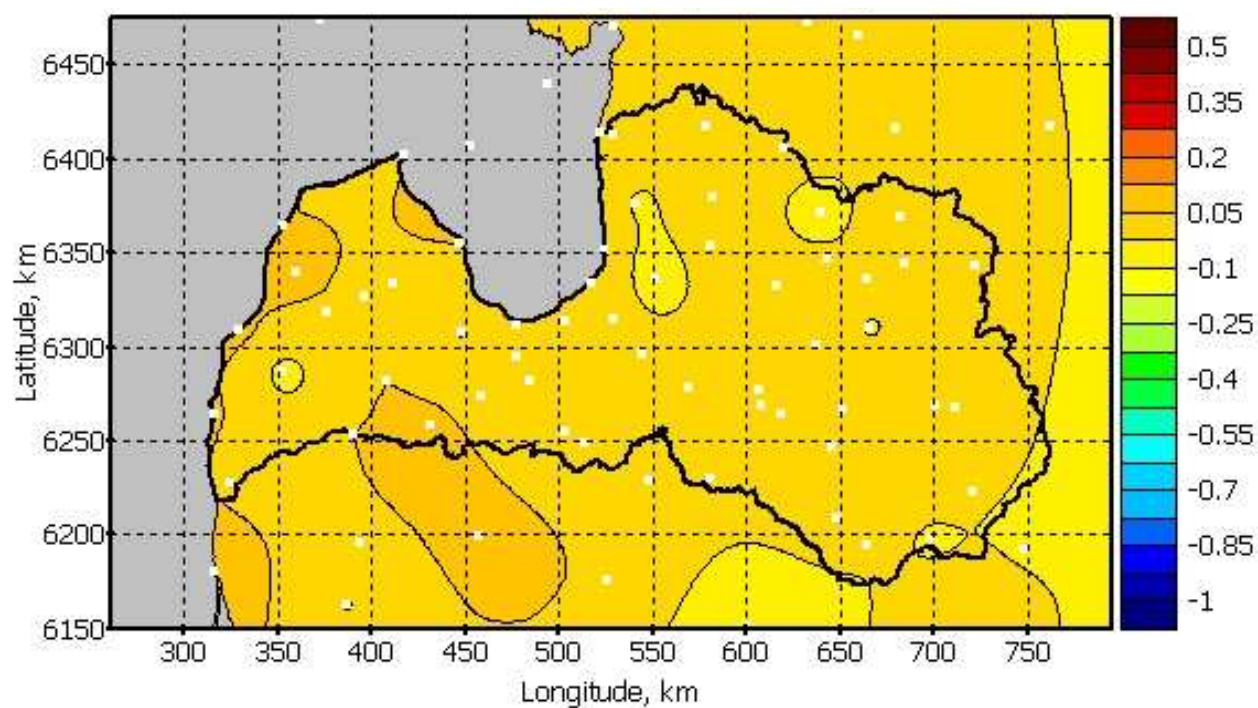
2.32. attēls. Mēnešu vidējais vēja ātrums m/s kontroles periodā(1961-1990) 4 sezonās.



Kontroles periodā visās sezonās lielāks vidējais vēja ātrums ir Baltijas jūras un Rīgas jūras līcim tuvākajā teritorijā, kā arī Zemgales R daļā, mazāks – Latvijas austrumu daļā. Raksturīgās vidējā vēja ātruma vērtības ir no 3 līdz 5 m/s. Lielāks vidējais vēja ātrums ir janvāra, oktobra, mazākais – jūlija mēnesī.

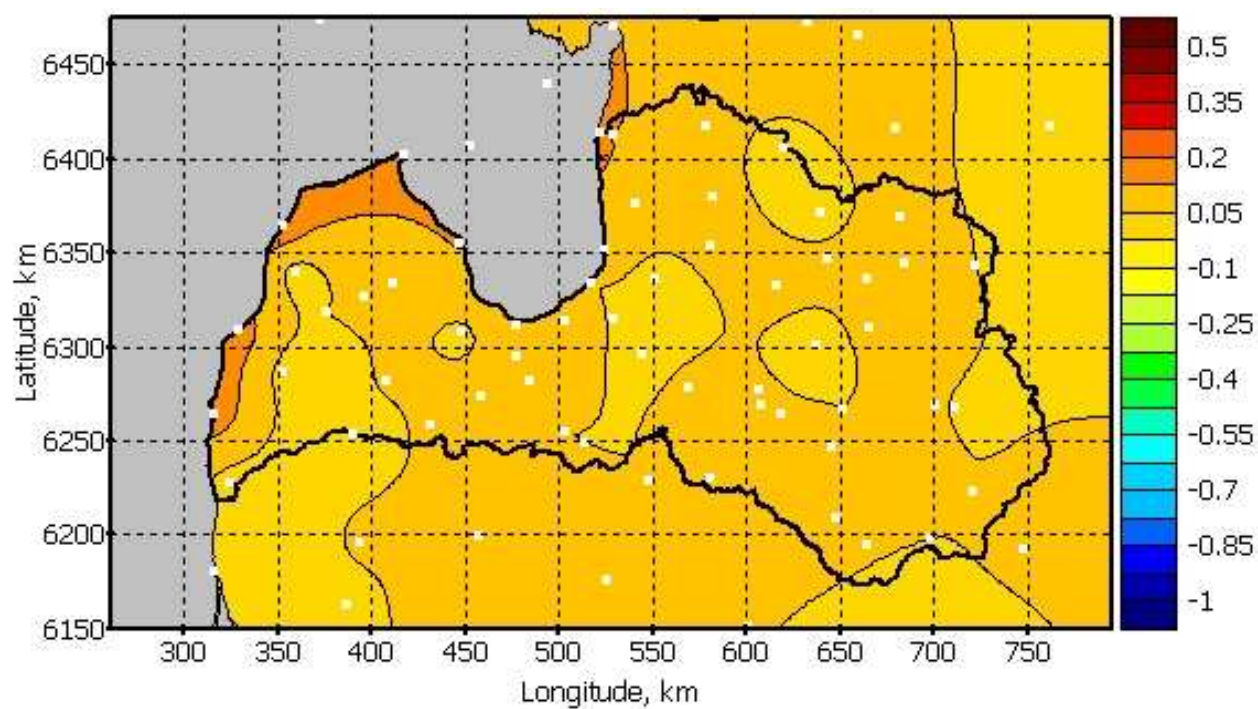
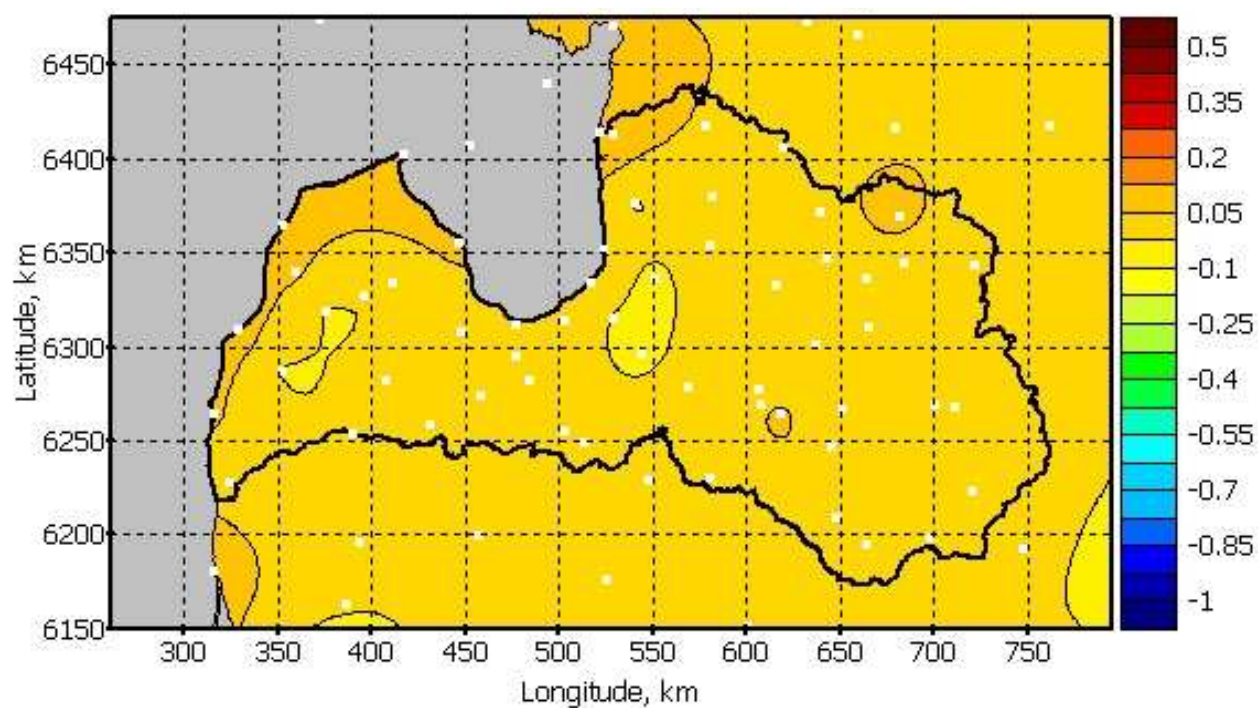


a) Janvāris



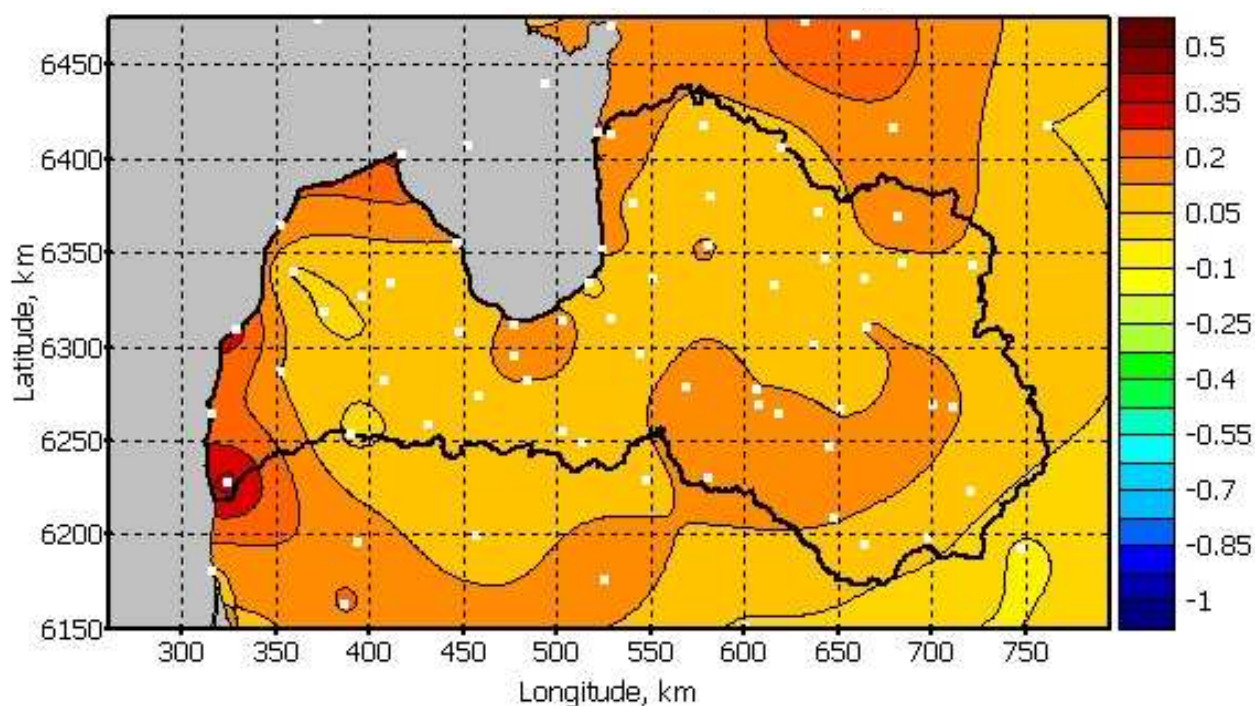
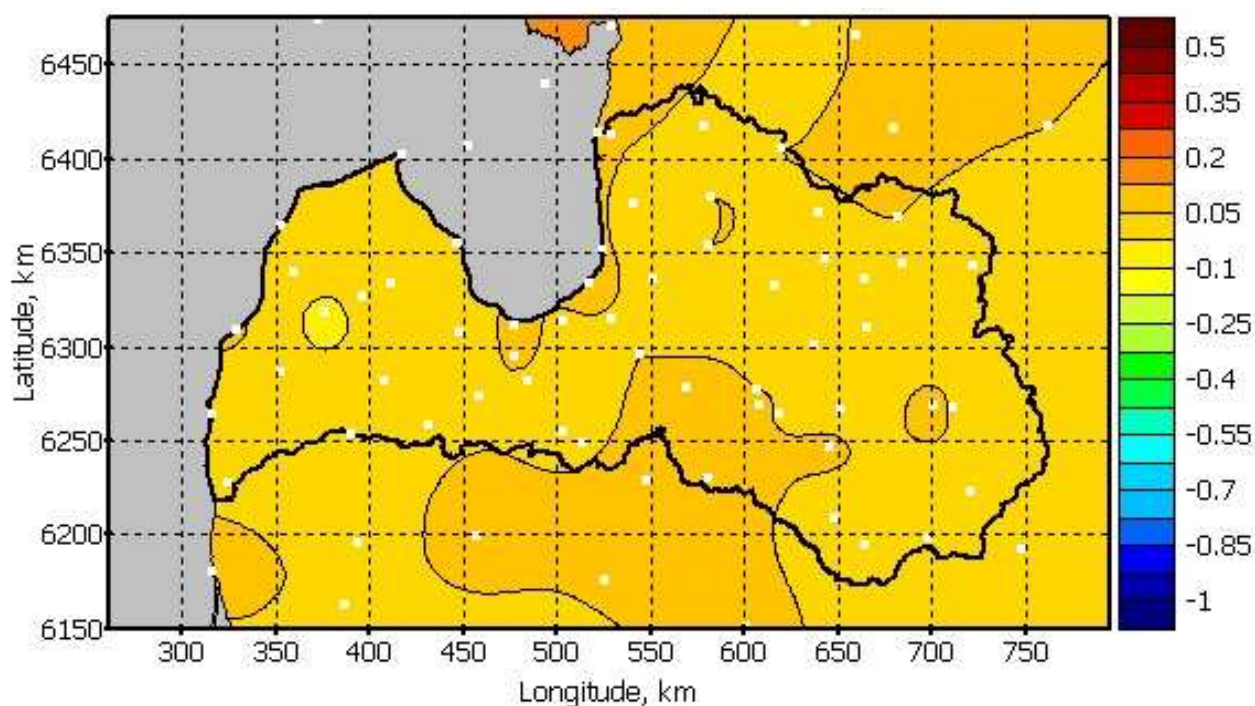
b) Aprilis





c) Jūlijs



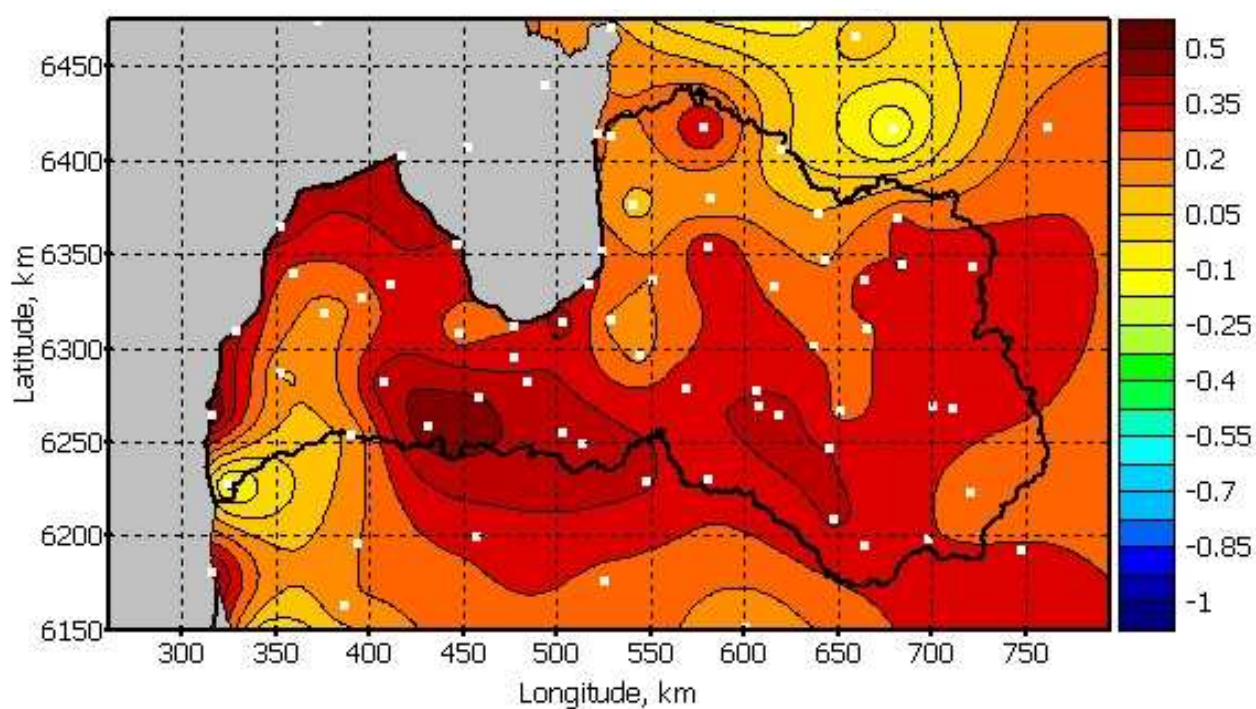
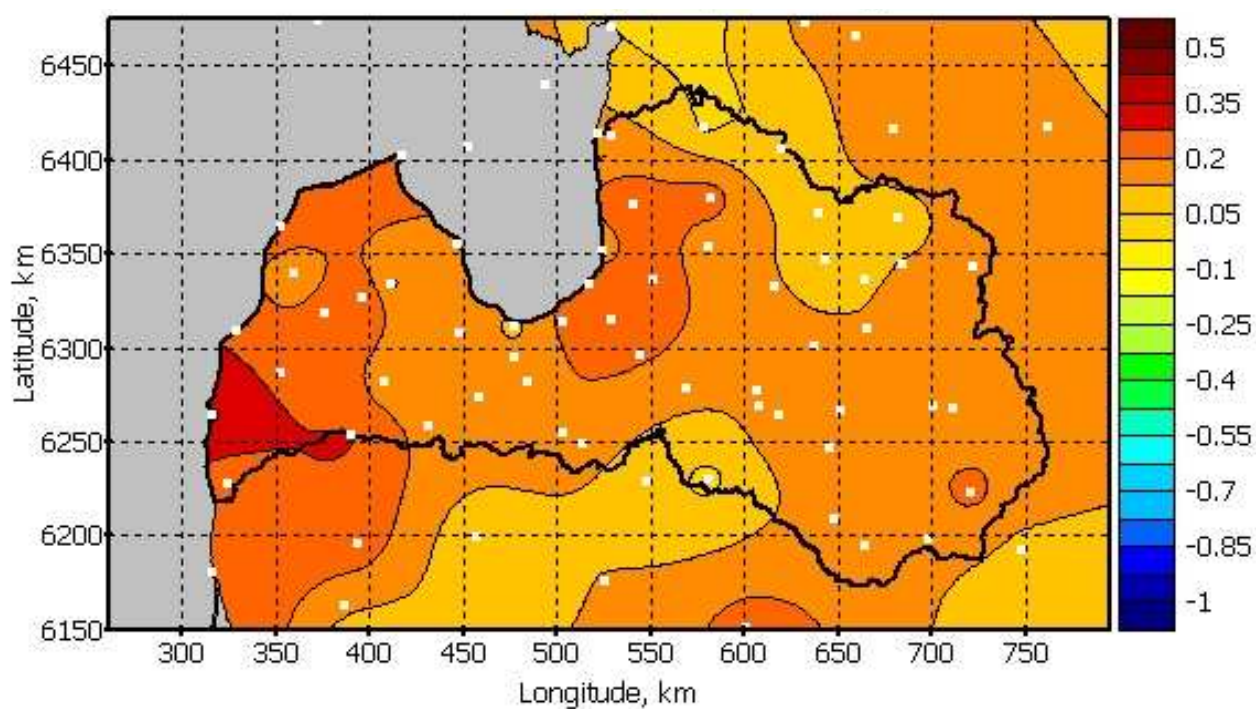


d) Oktobris

### 2.33. attēls. Vidējā vēja ātruma izmaiņu m/s sezonālitate tuvajā nākotnē (līdz 2021-2050) vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs.

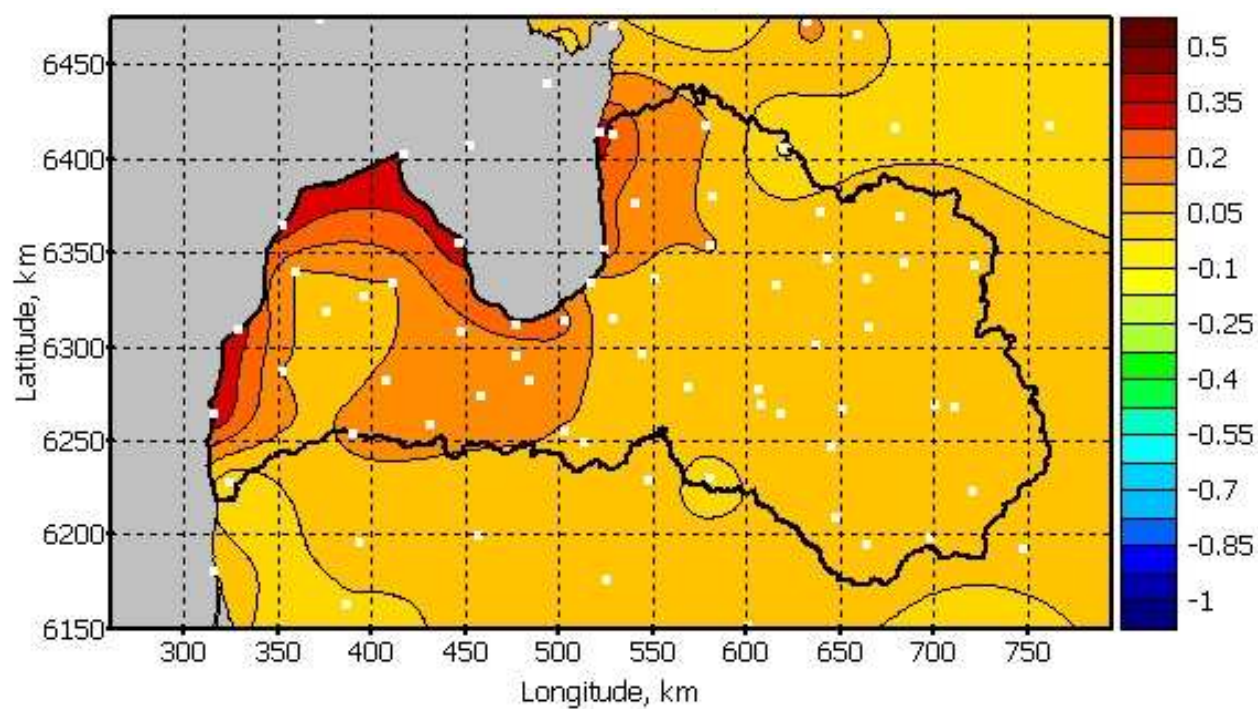
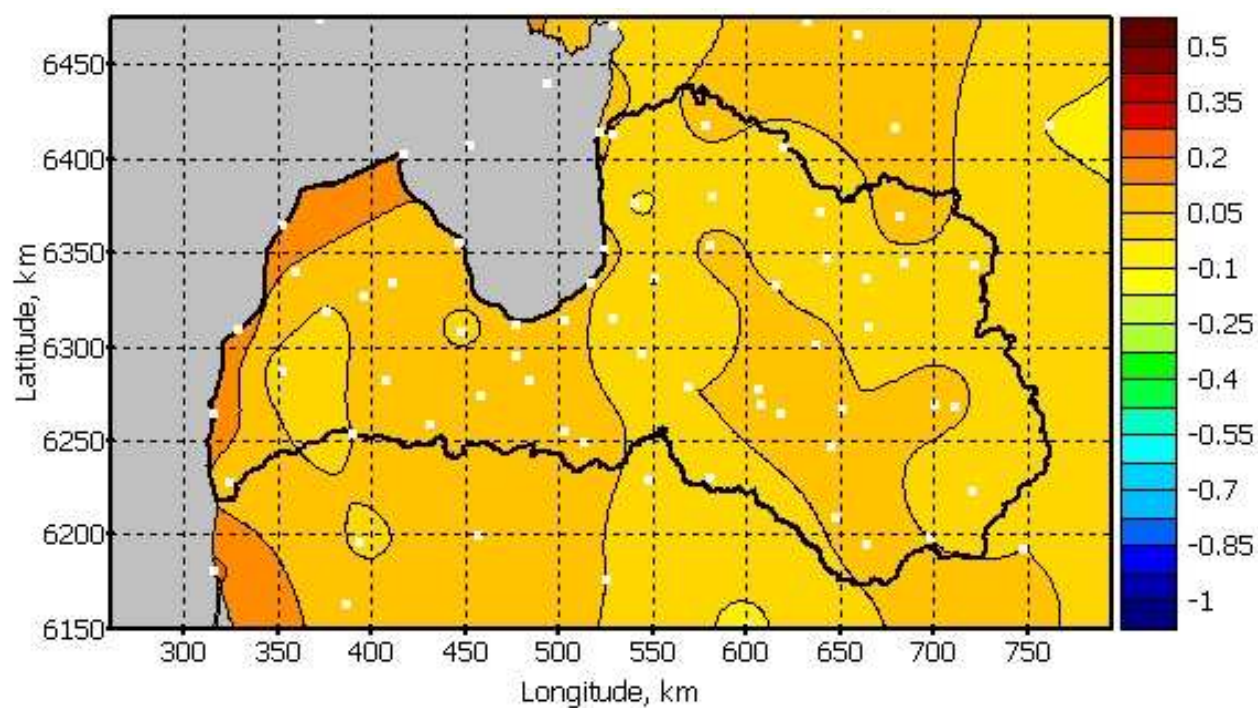
Aprīļa un jūlija mēnešos no modeļaprēķiniem iegūtajās projekcijās būtiskas vidējā vēja ātruma izmaiņas tuvajā nākotnē nav redzamas. Vismazākais pieaugums paredzams jūlija mēnesī, kad izmaiņas visā teritorijā nepārsniedz 0.2 m/s. Nevienā no pārējām sezonām ne vidējo, ne nozīmīgo izmaiņu scenārijs neparedz lielāku vidējā vēja ātruma pieaugumu kā 0.5 m/s.

Nedaudz lielākas teritoriālas atšķirības paredzamas janvāra mēnesī. Dažviet iespējams vidējā vēja ātruma samazinājums.



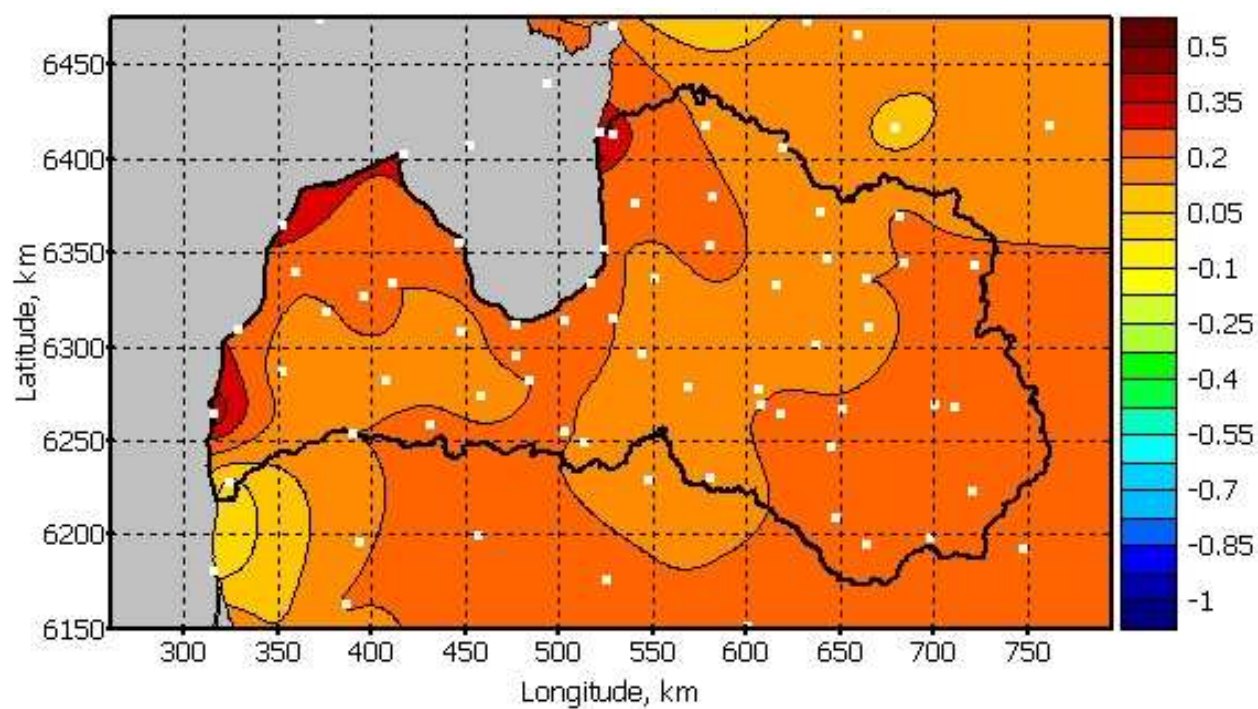
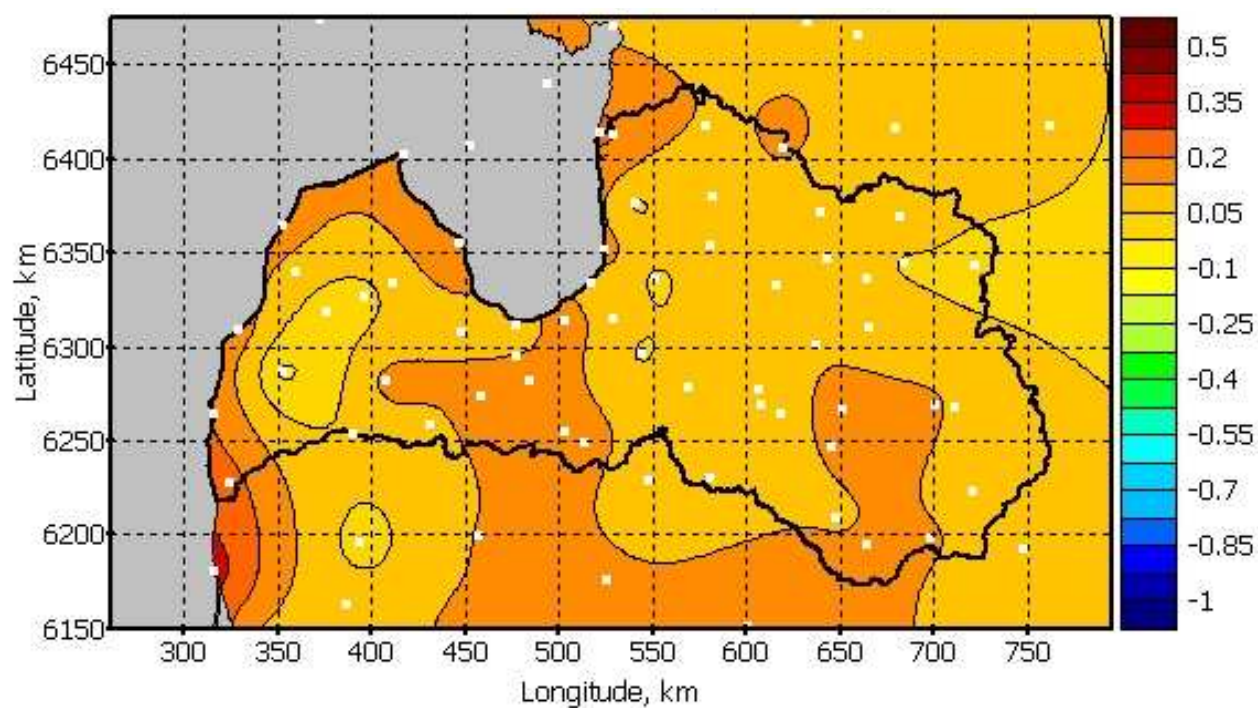
a) Janvāris



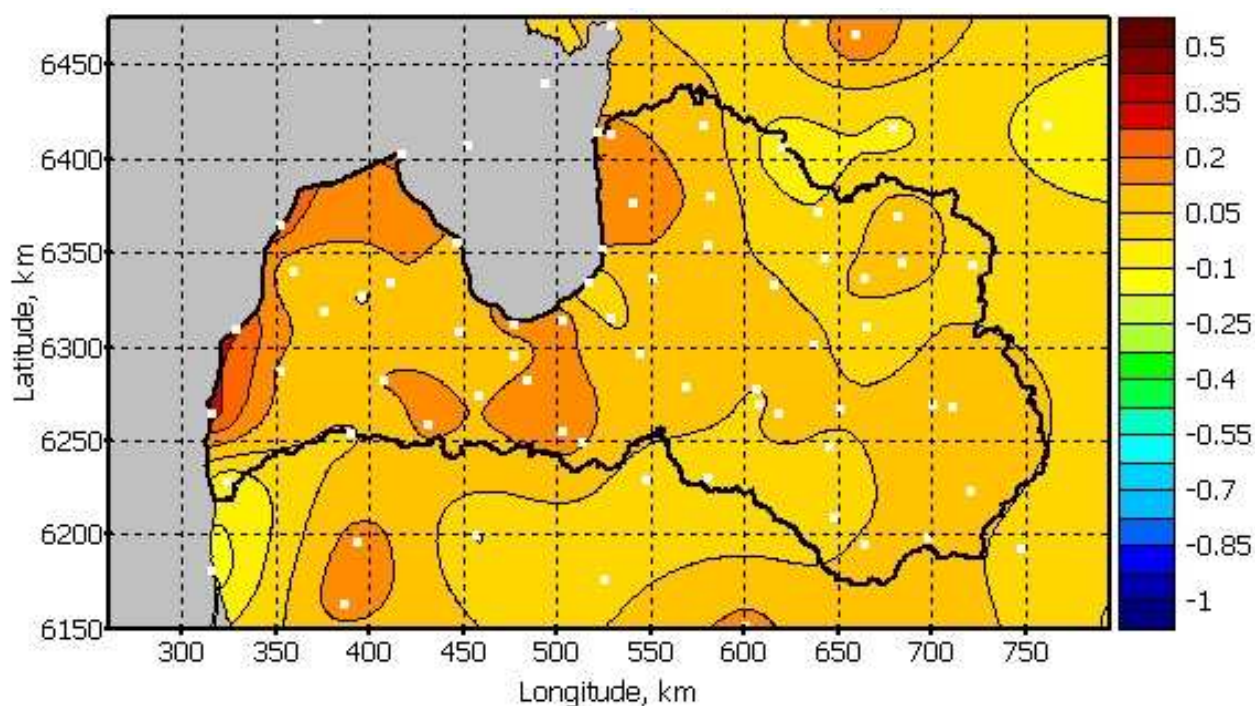
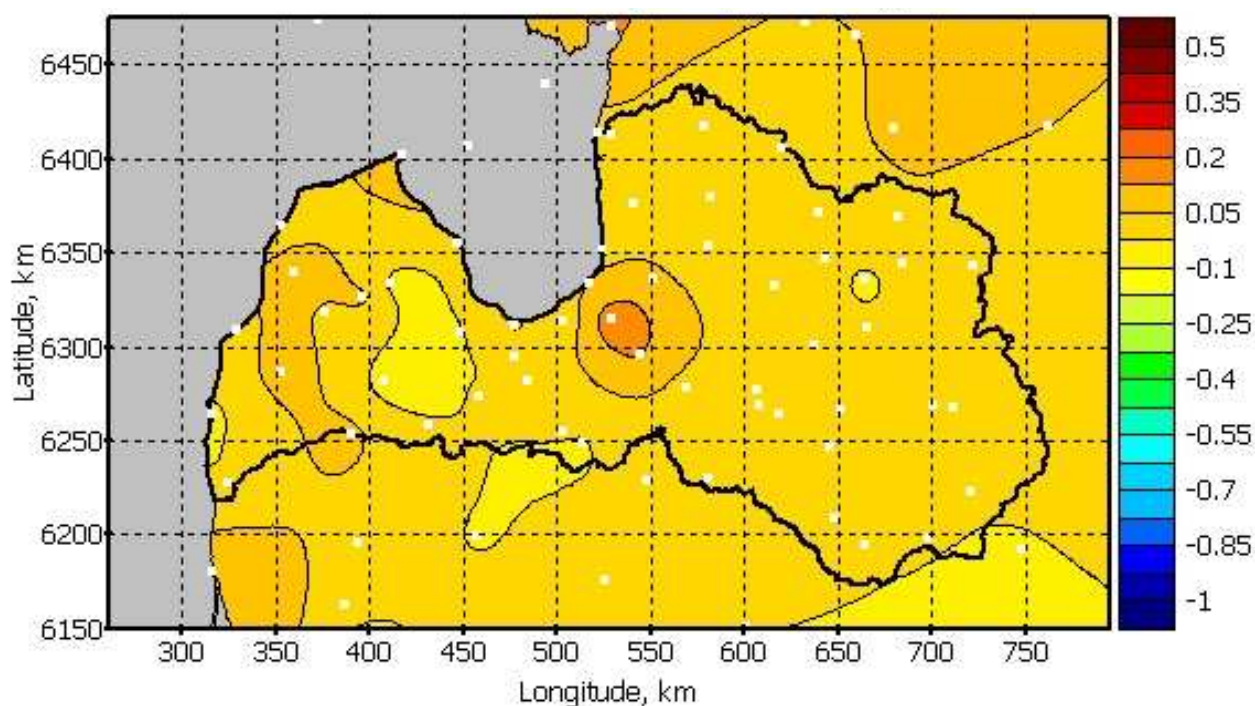


b) Aprilis





c) Jūlijs



d) Oktobris

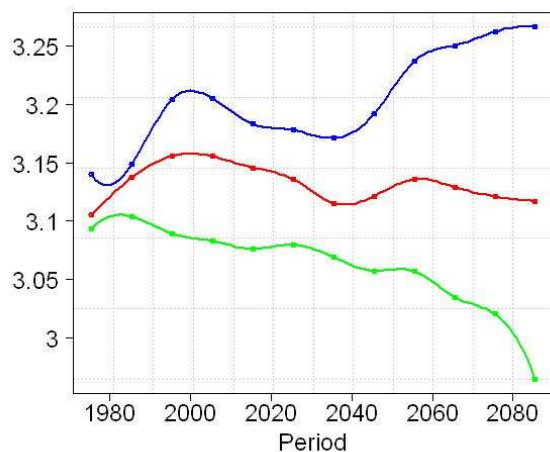
#### 2.34. attēls. Vidējā vēja ātruma izmaiņu sezonālitate tālajā nākotnē (2071-2100) vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijiem.

Tālajā nākotnē viendabīgākais izmaiņu teritoriālais sadalījums ir oktobra mēnesī. Lielā teritorijas daļā iespējams neliels vidējā vēja ātruma samazinājums. Abi no apskatītajiem scenārijiem visās no sezonām visā apskatītajā teritorijā neparedz vidējā vēja ātruma pieaugumu lielāku par 0.5 m/s.

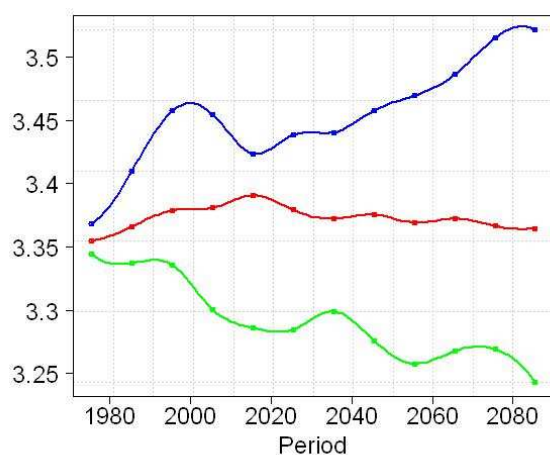


## 10.2 Vidējā vēja ātruma attīstība laikā

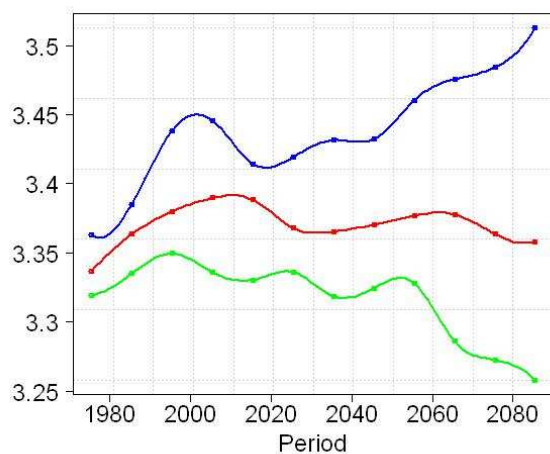
Par klimatisko gada vidējo vēja ātrumu pieņemsim 30 gadu periodam vidējotu ikdienas vēja ātrumu. Att. 35 parādītas klimatiskā vēja ātruma izmaiņas laikā astoņām novērojumu stacijām atbilstoši 3 aplūkojamām – mērenai, vidējai un nozīmīgai – klimata izmaiņām.



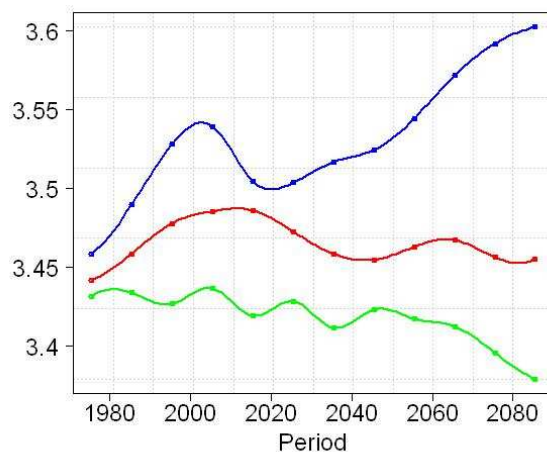
a) Daugavpils



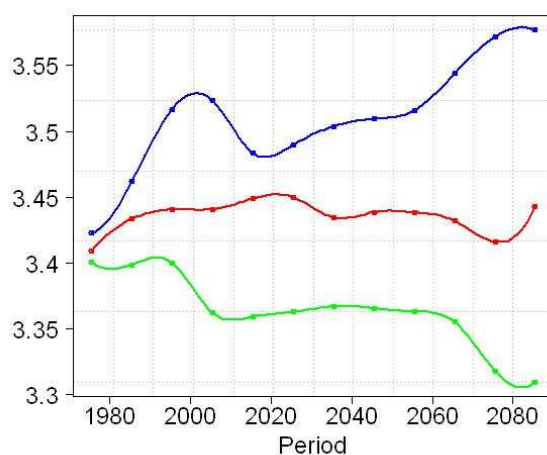
c) Rūjiena



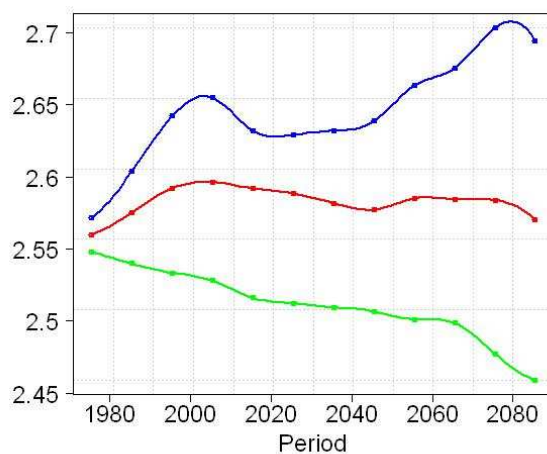
e) Zilāni



b) Bauska

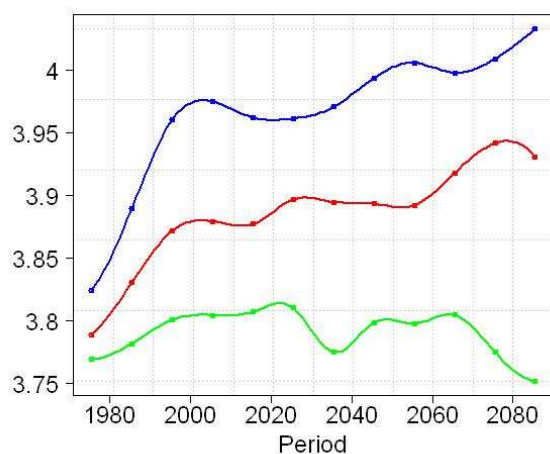


d) Stende

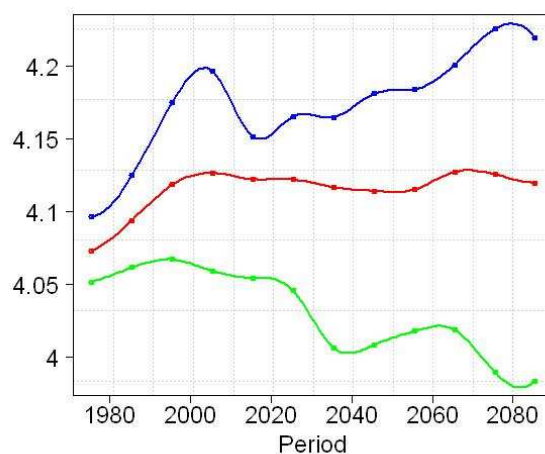


f) Zosēni





*g) Pāvilosta*



*h) Rīga*

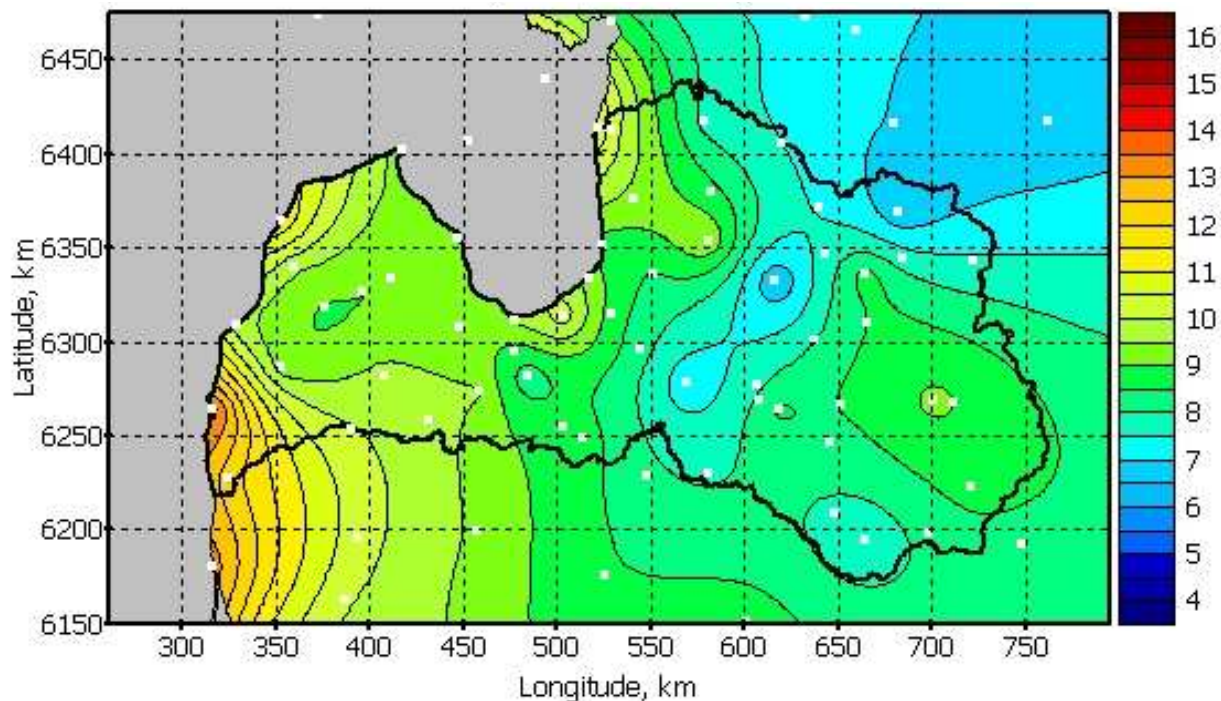
**Att. 35. 30 gadu perioda vidējā vēja ātruma m/s attīstība laikā mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zilā līnija) izmaiņu scenārijs.**

Kontroles periodā vislielākais vēja ātrums ir bijis Rīgā – 4 m/s, vismazākais Zosēnos - 2.5 m/s. Saskaņā ar modeļaprēķinu rezultātiem arī 2071-2100 gadā vislielākais vidējais vēja ātrums ir Rīgā, mazākais – Zosēnos.

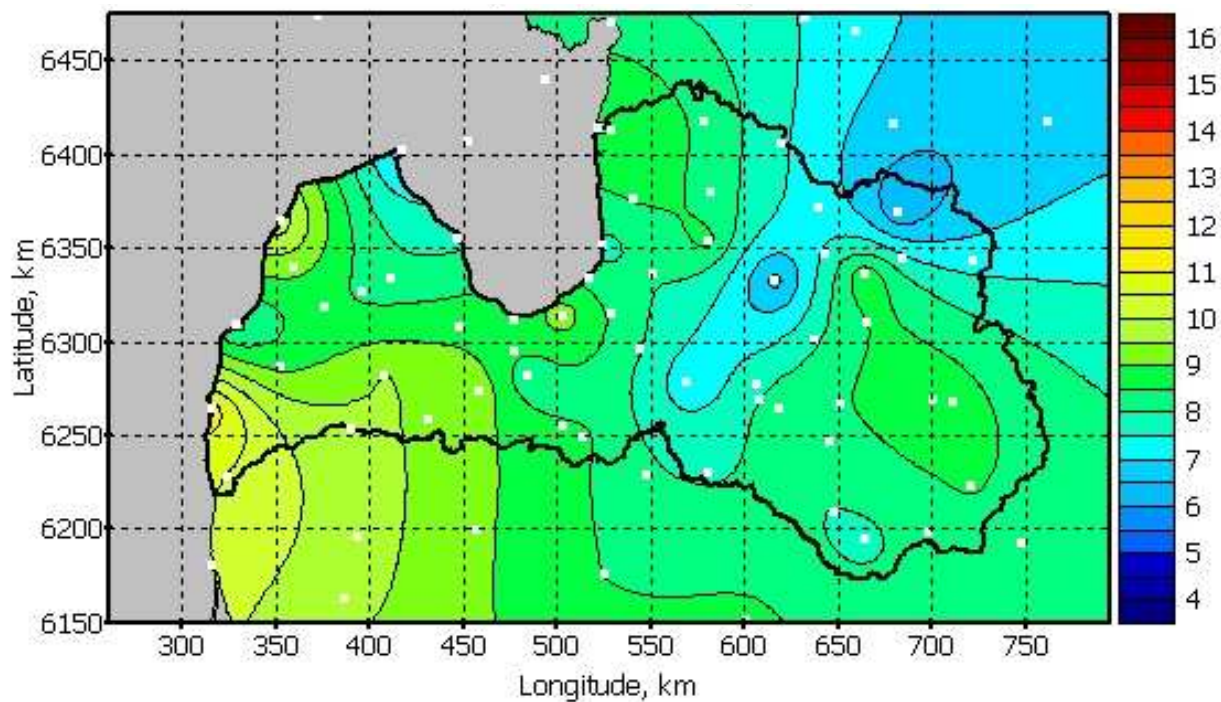
Tālākā vidējā vēja ātruma attīstībai laikā katram no klimata mainības scenārijam ir atšķirīgas tendences, t.i. palielinājums nozīmīgu, neminīgums vidēju un samazinājums mērenu klimata izmaiņu gadījumā. Tomēr, kopumā jāsecina, ka nevienā no stacijām un scenārijiem līdz 2080. gadam klimatiskais vēja ātrums nepieaug vai nesamazinās vairāk kā par 10 % no tā vērtības kontroles periodā.

## 11. VĒJA BRĀZMAS

Mēnešu vēja brāzmu vidējā ātruma sadalījums dažādām sezonām mūsdienu klimata (1961-1990) apstākļiem parādīta att. 2.36, bet tā izmaiņu projekcijas, attiecīgi, tuvajai (2021-2050) un tālajai (2071-2100) nākotnei - att. 2.37-2.38.

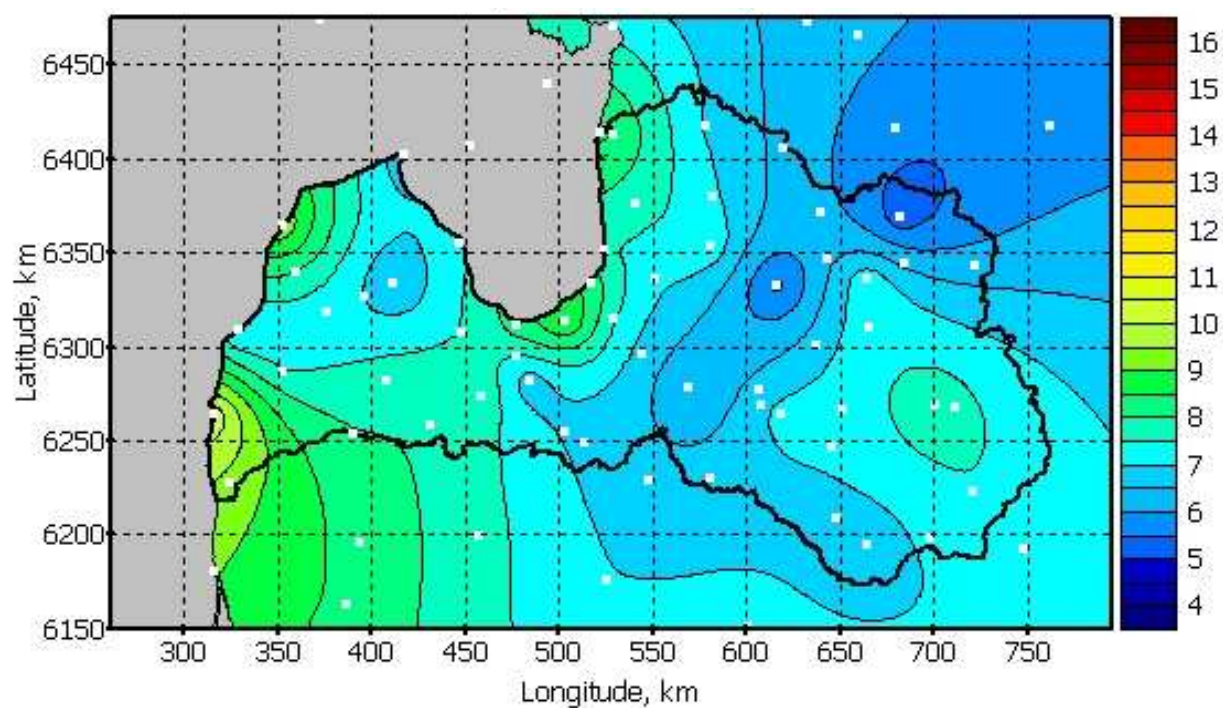


a) Janvāris

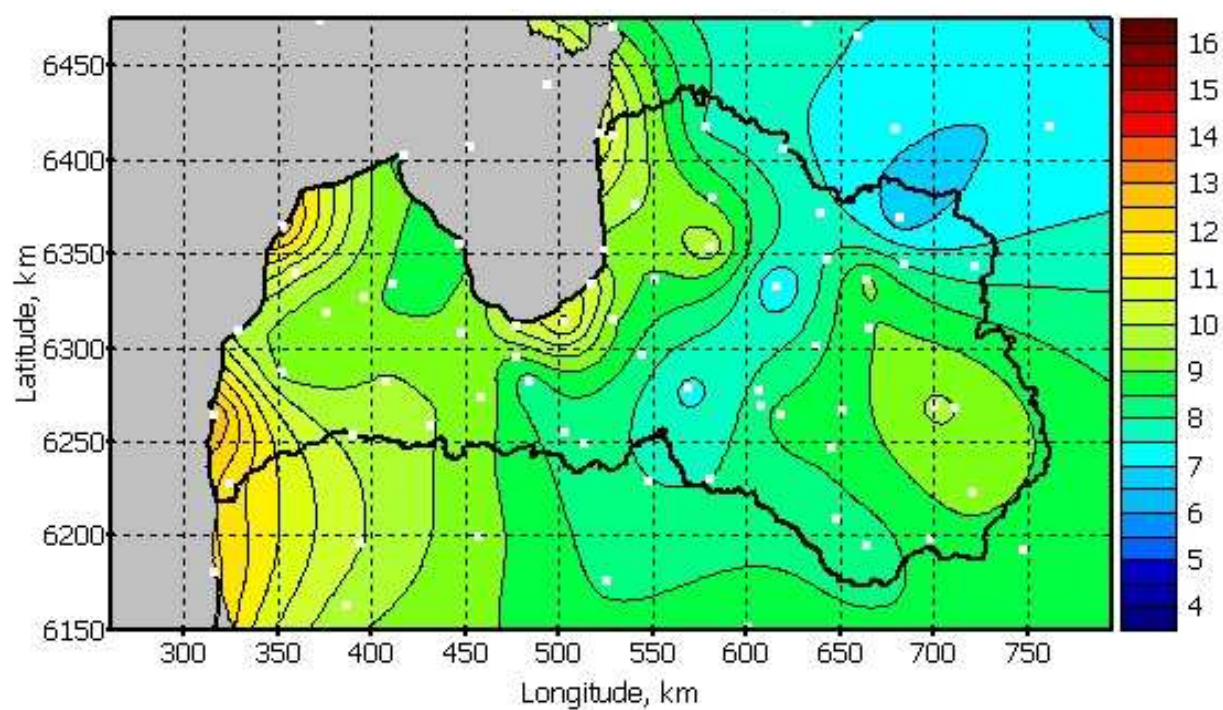


b) Aprīlis





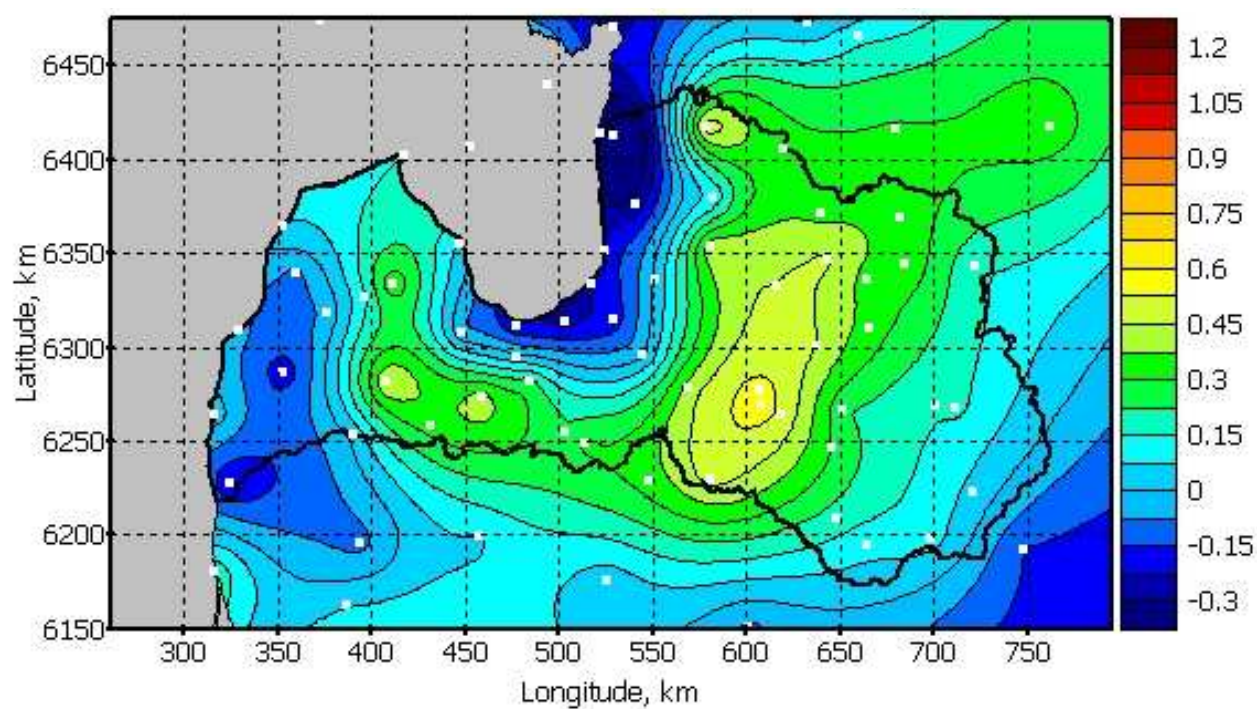
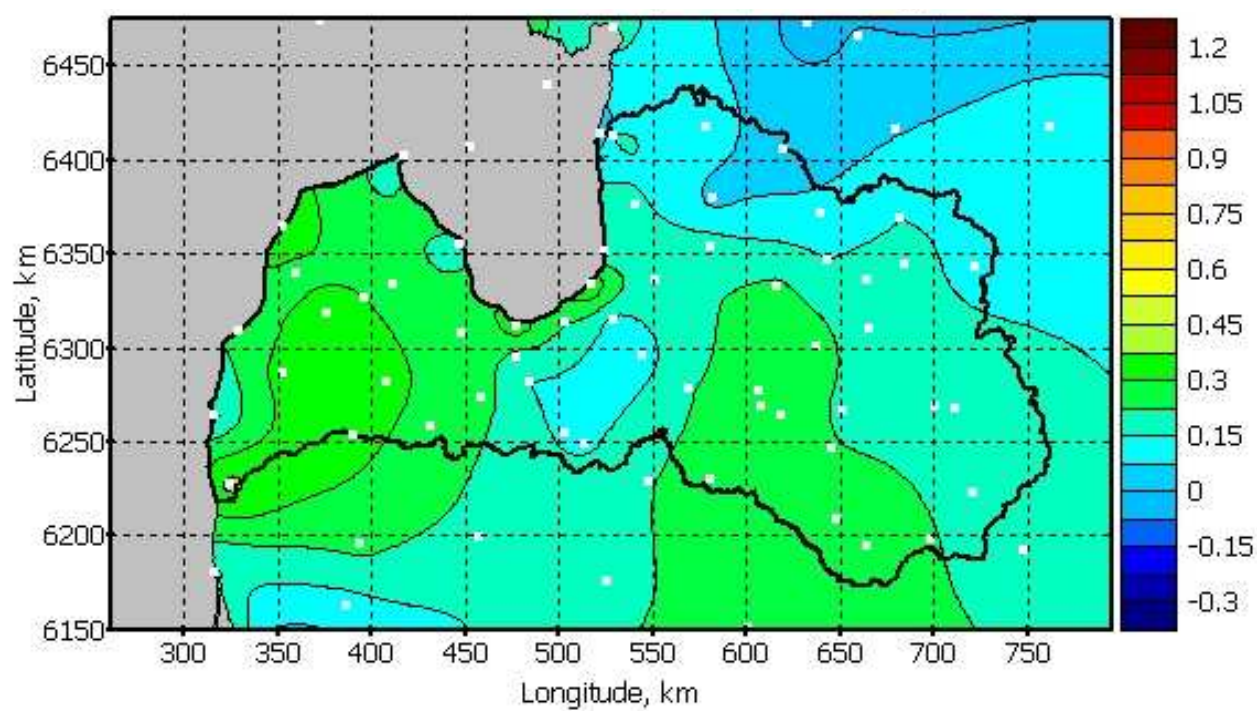
c) Jūlijs



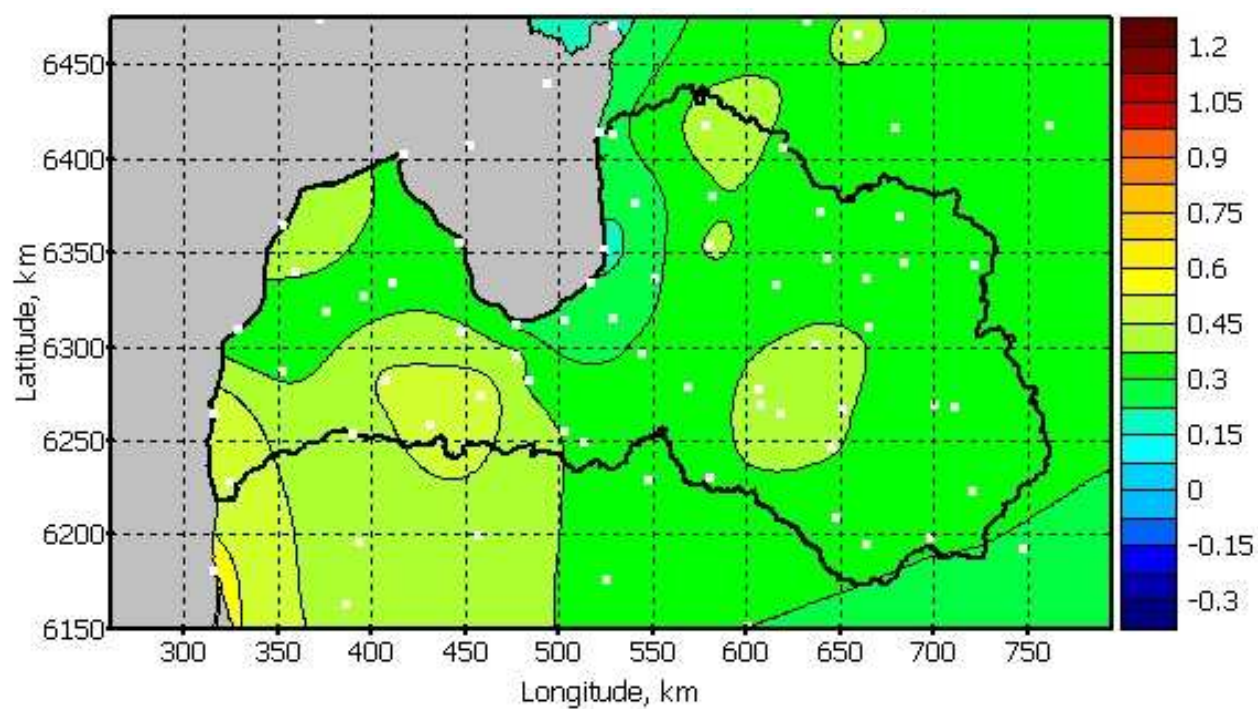
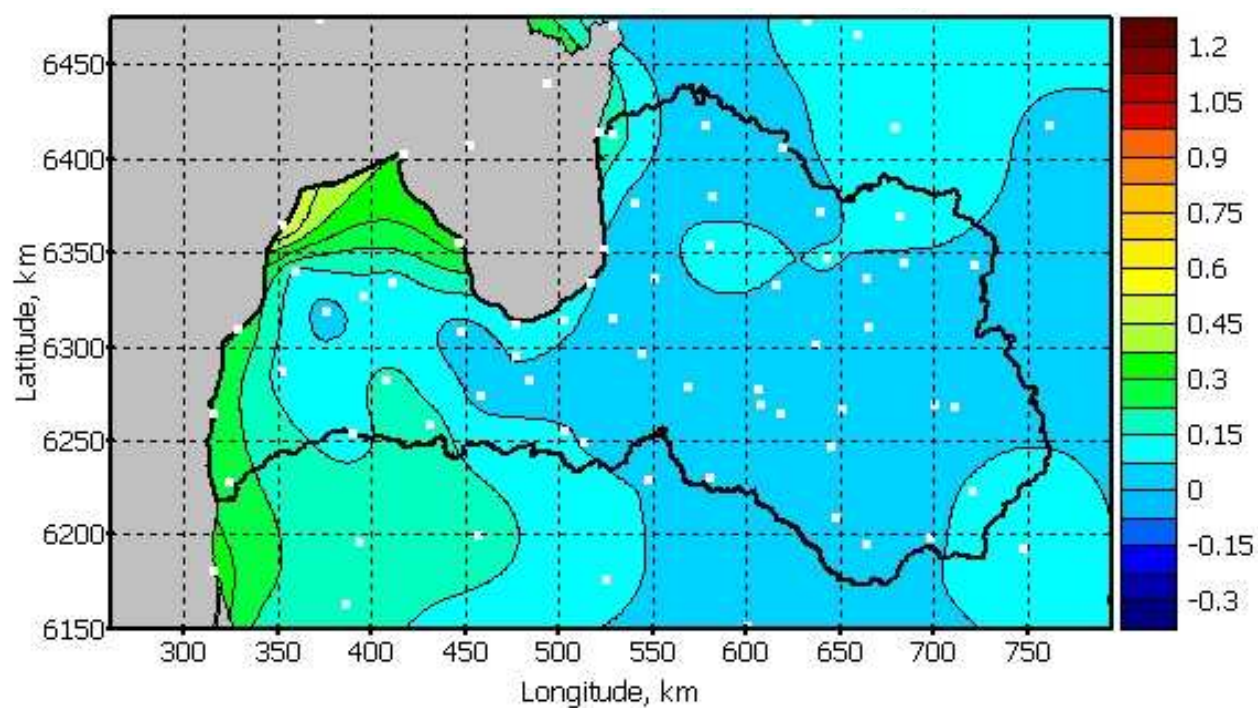
d) Oktobris

2.36. attēls. Vēja brāzmas m/s kontroles periodā (1961-1990) 4 raksturīgajās sezonās.



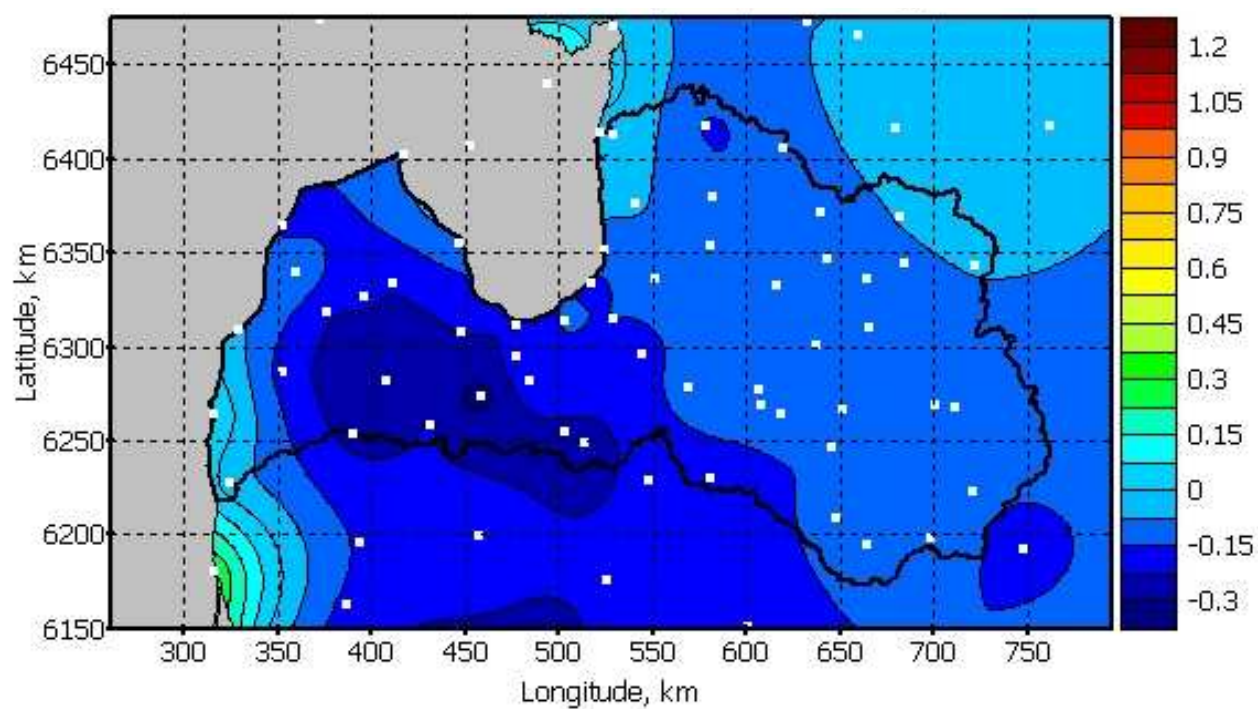
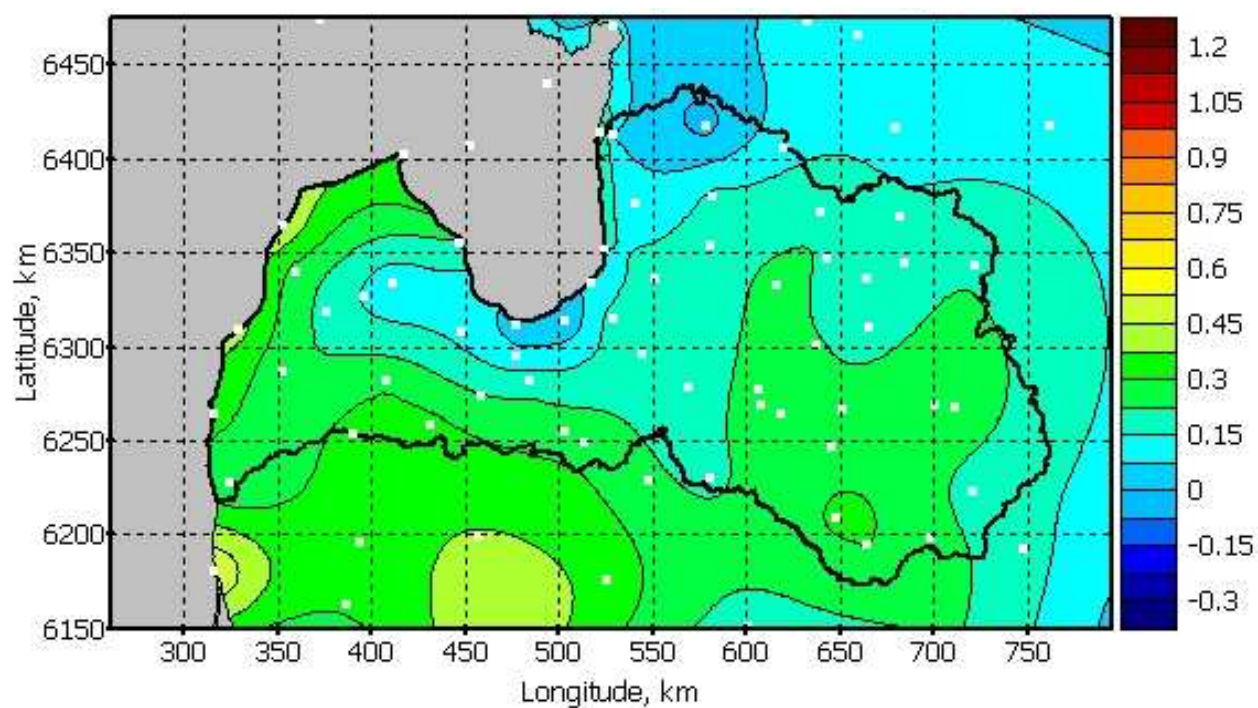


a) Janvāris



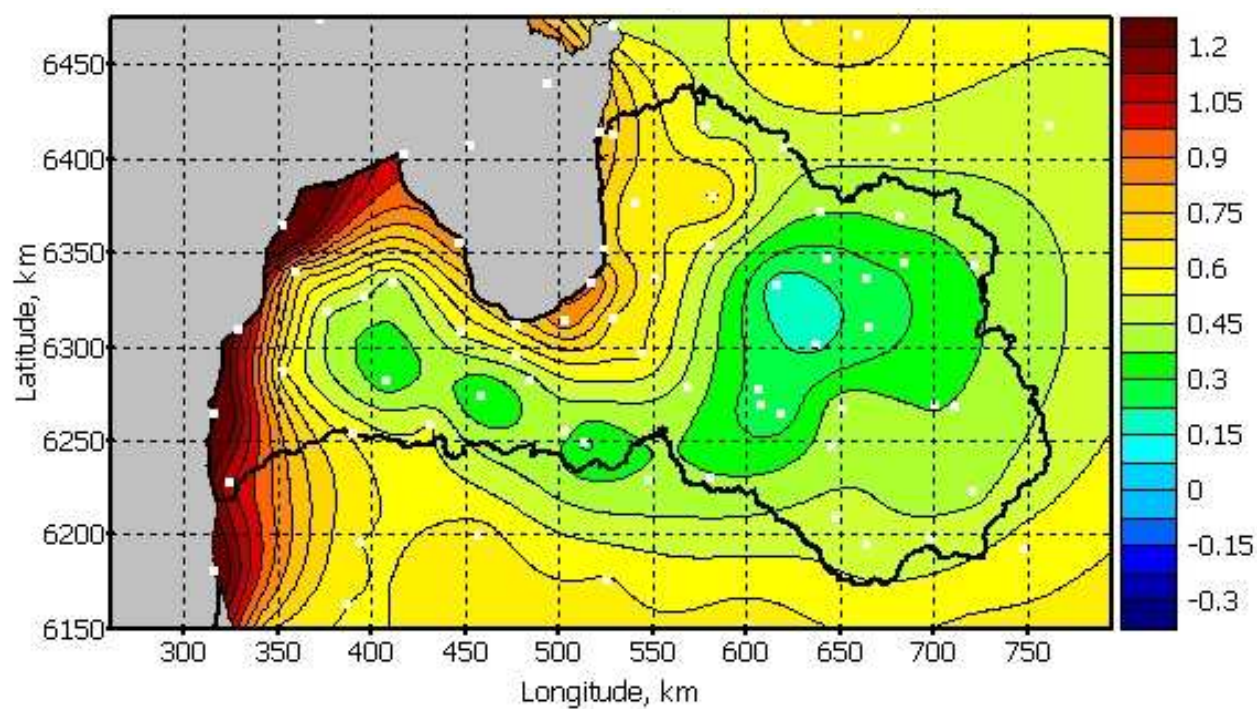
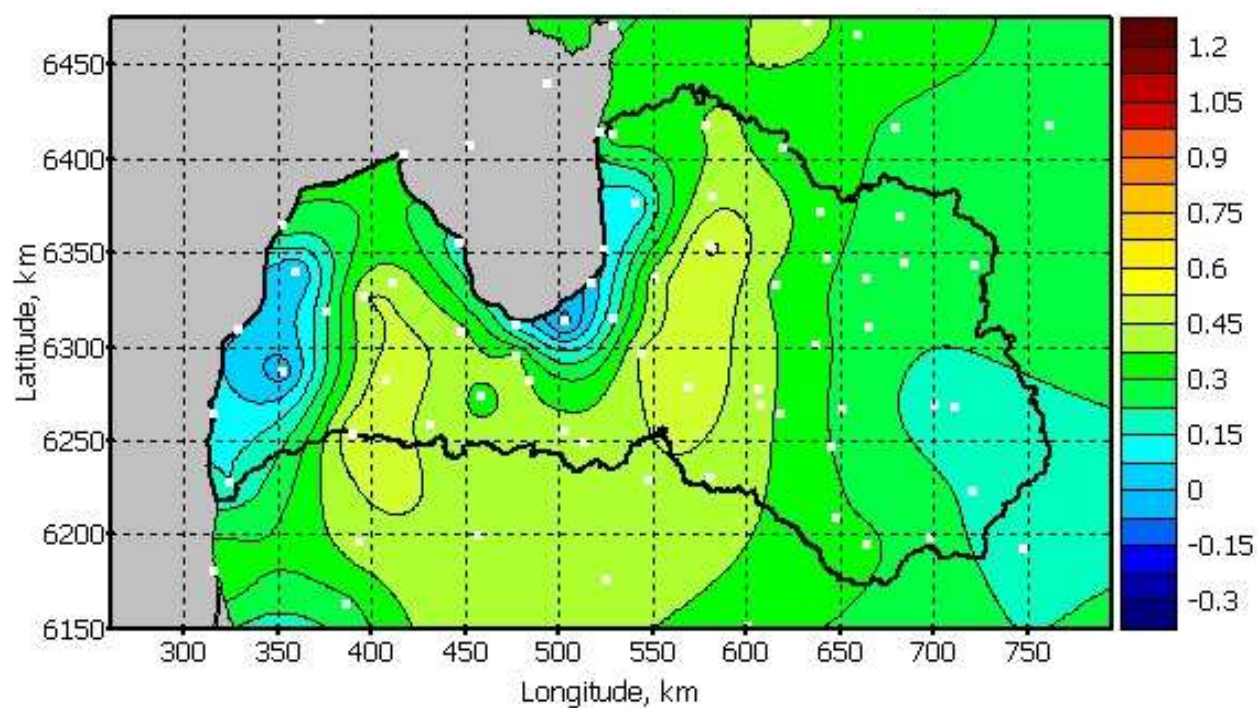
b) Aprilis





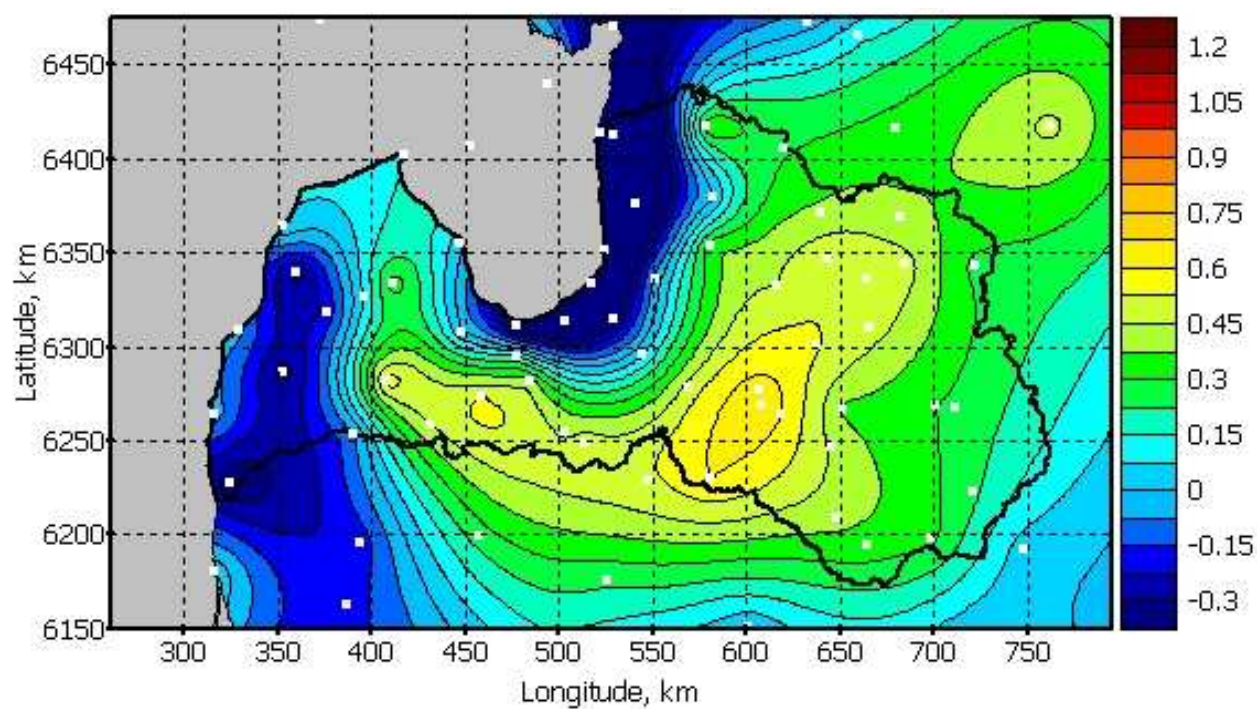
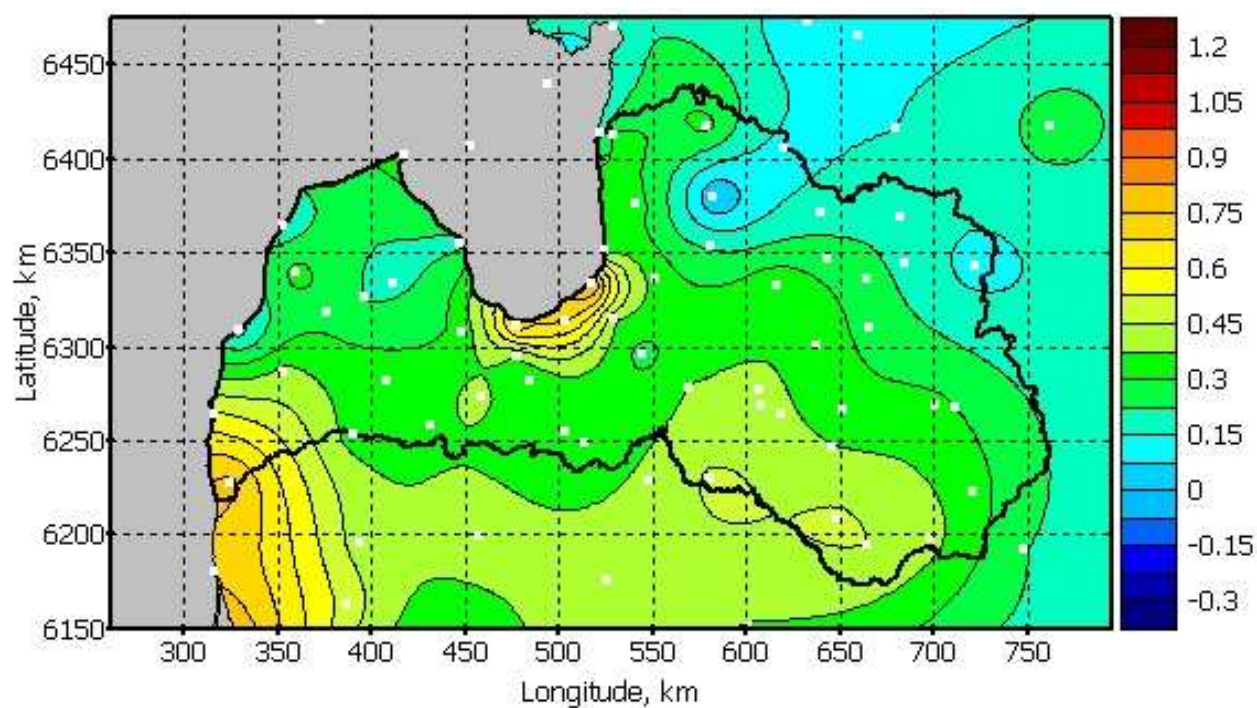
c) Jūlijs





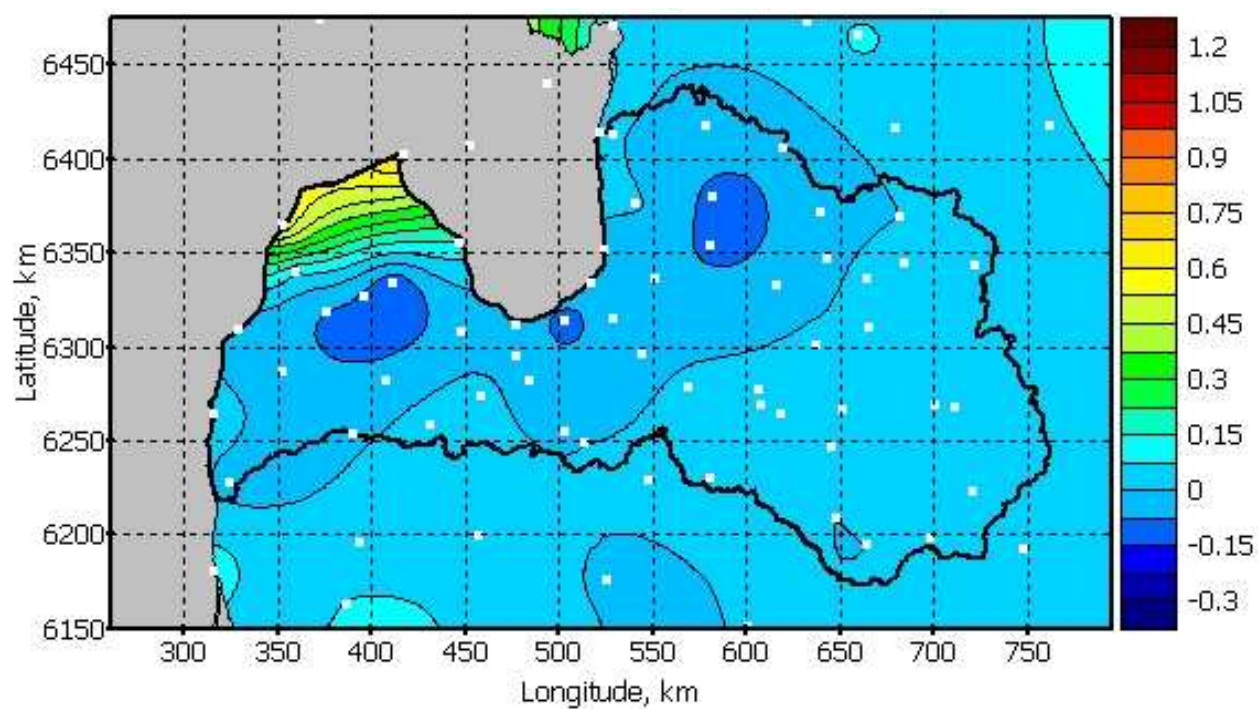
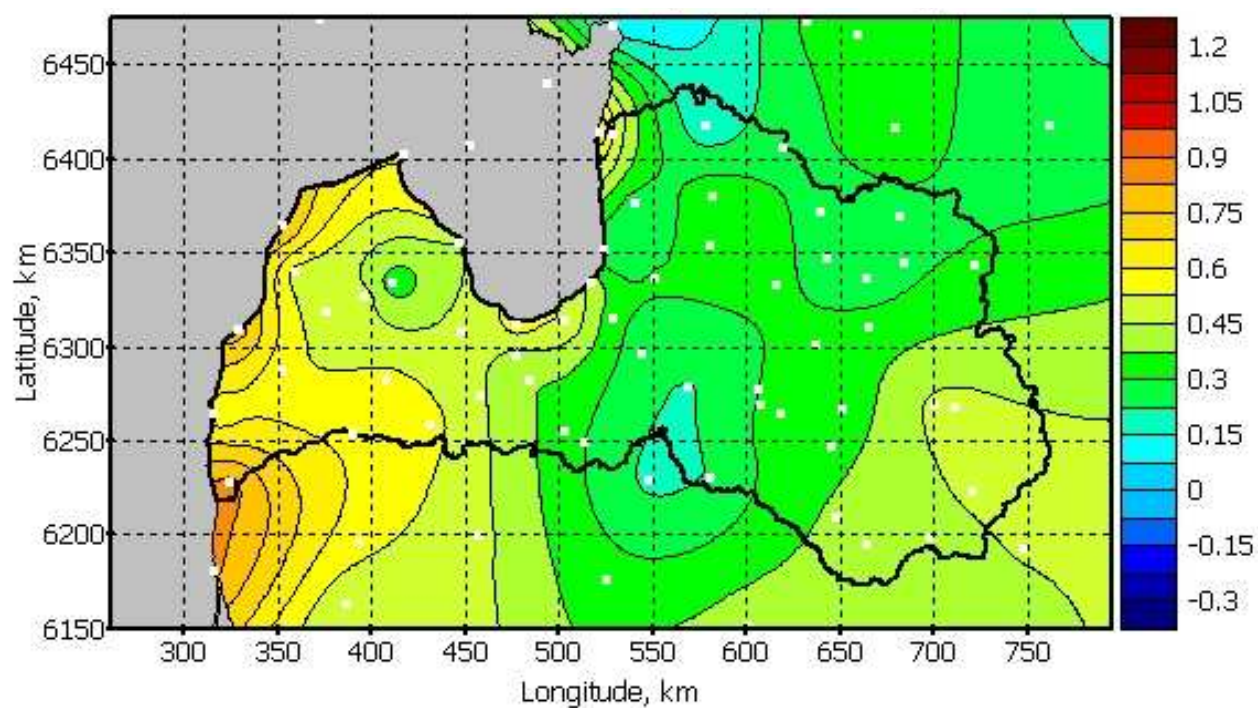
d) Oktobris

**2.37. attēls. Vēja brāzmu pieauguma sezonālitate tuvajā nākotnē (2021-2050) vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs.**



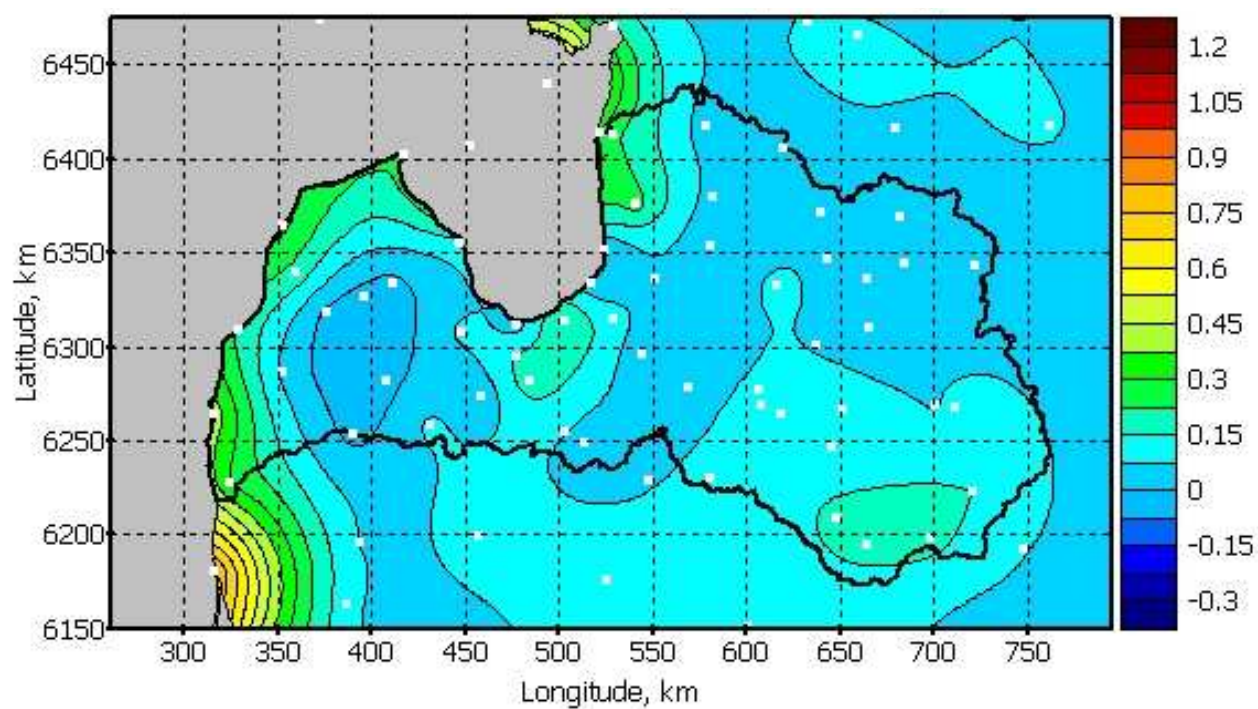
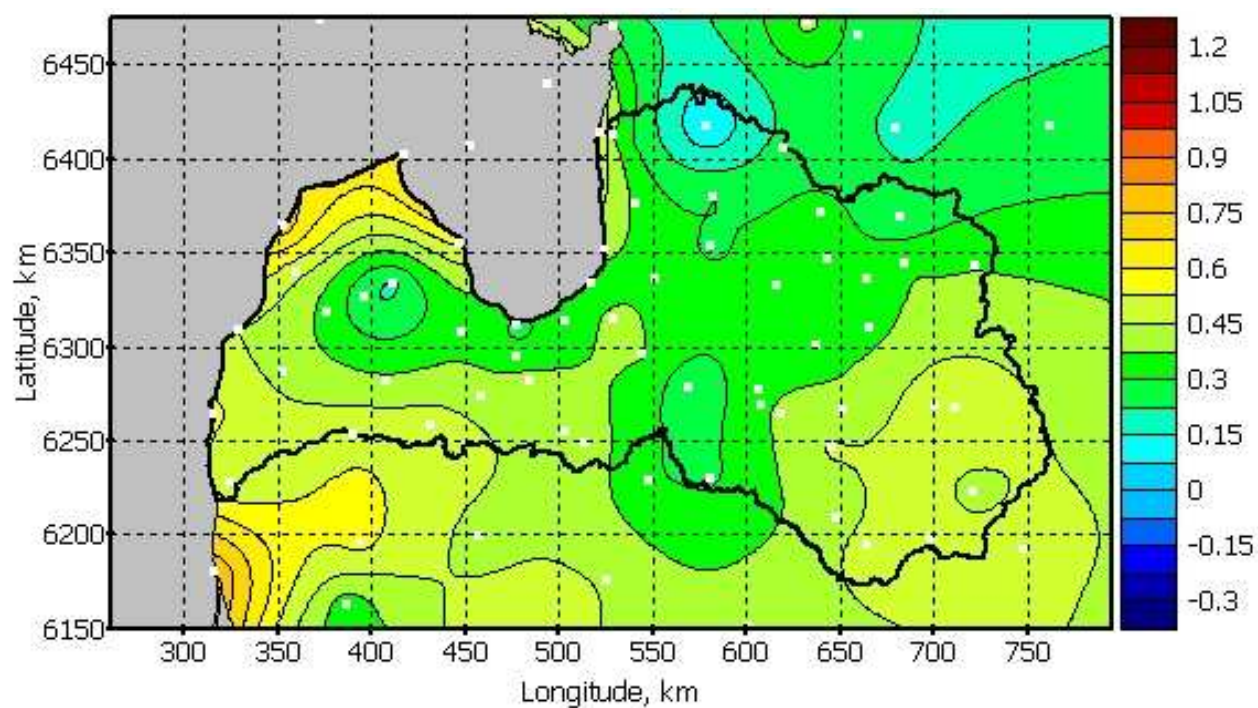
a) Janvāris



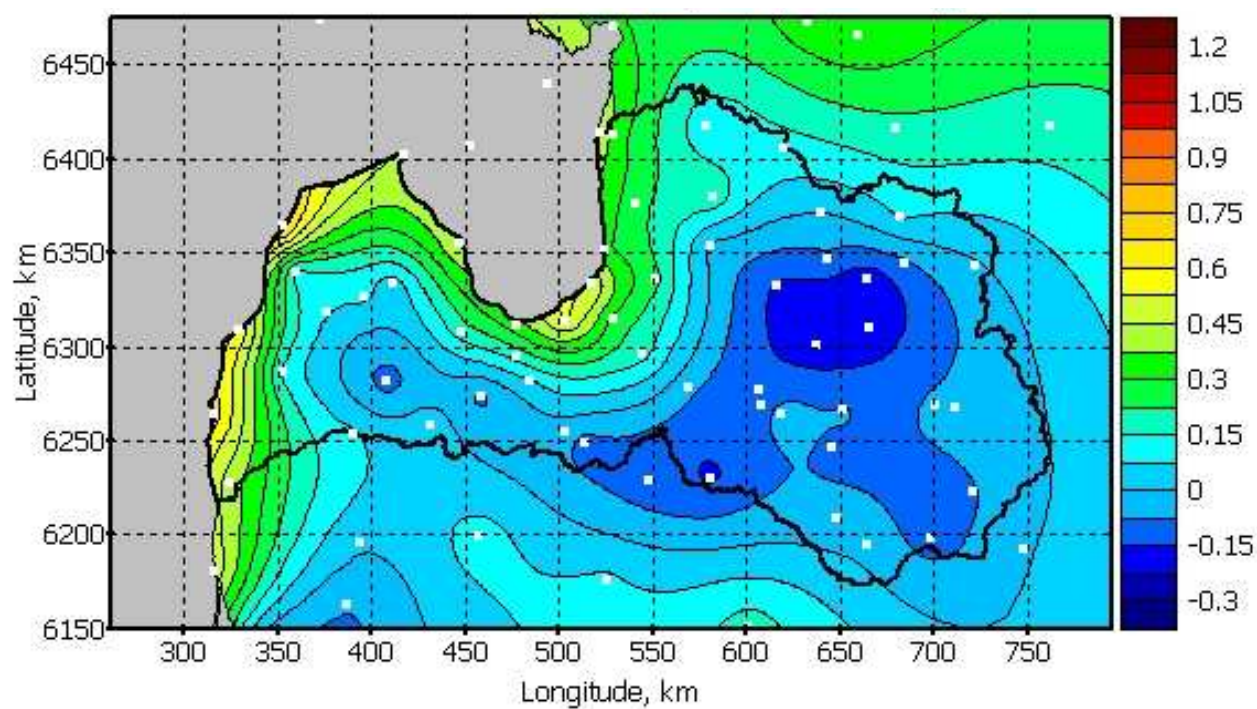
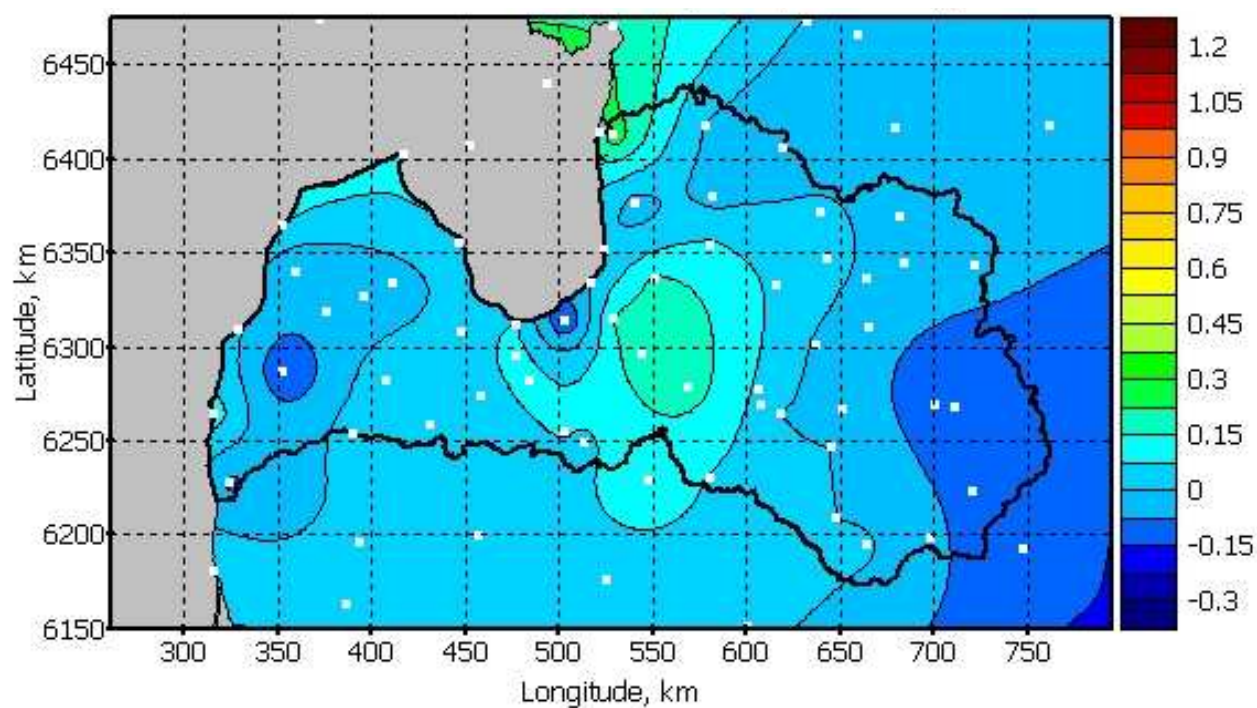


b) Aprilis





c) Jūlijs



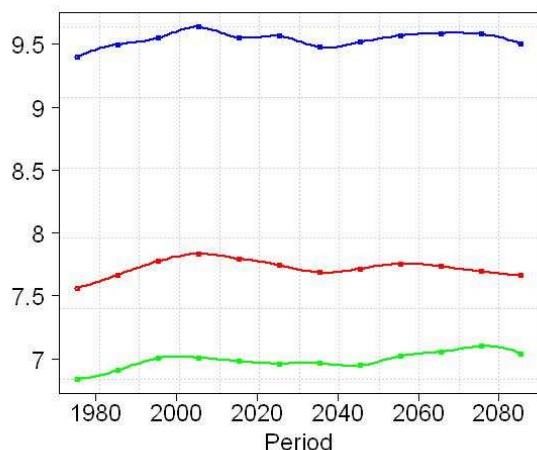
c) Oktobris

### 2.38. Vēja brāzmu pieauguma sezonālitate tālajā nākotnē (2071-2100) vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs.

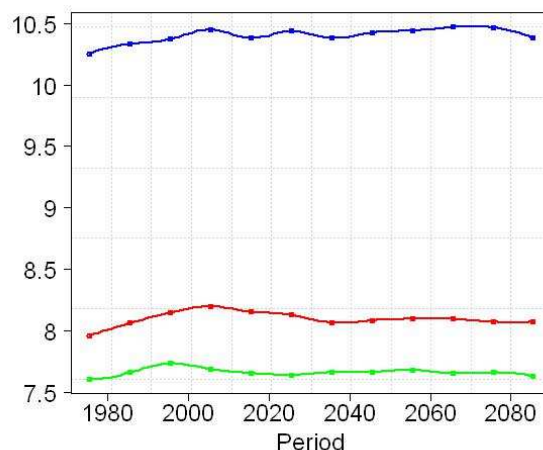
Klimatisko (t.i. 30 gadu periodam vidējoto) gada vidējo vēja brāzmu izmaiņas laikā izvēlētajās stacijās visiem 3 klimata mainības scenārijiem attēlotas att. 2.39 laika grafikos.



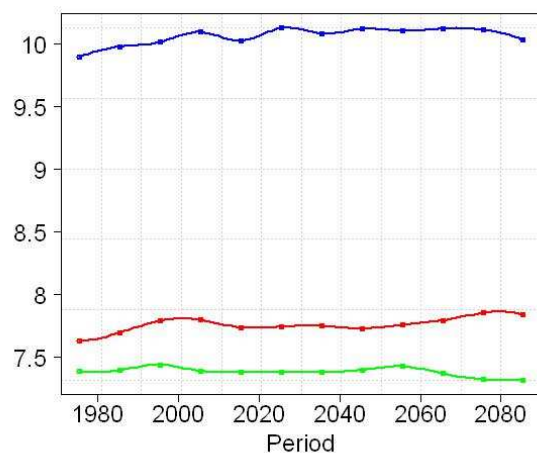
Šajos grafikos redzamas būtiskas atšķirības no modeļaprēķiniem iegūtajās vidējās vēja brāzmu vērtībās atšķirīgiem scenārijiem. Neviens no apskatītajiem scenārijiem neparedz būtisku vēja brāzmu ātruma pieaugumu. Jāpiemin lielā modeļaprēķinu (t.i. modeļu ansambļa locekļu) rezultātu savstarpējā atšķirība kontroles periodā (atšķirībā no citu šai atskaitē apskatīto parametru vērtībām), kas liecina, ka vēja brāzmu vērtību atšķirības starp modeļiem ir būtiski lielākas par sagaidāmajām brāzmu izmaiņām nākotnes projekcijās.



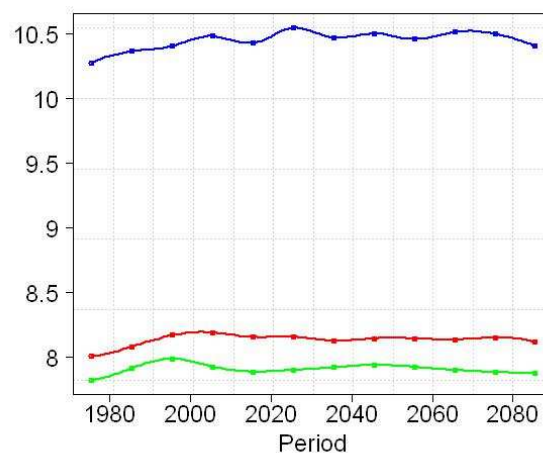
a) Daugavpils



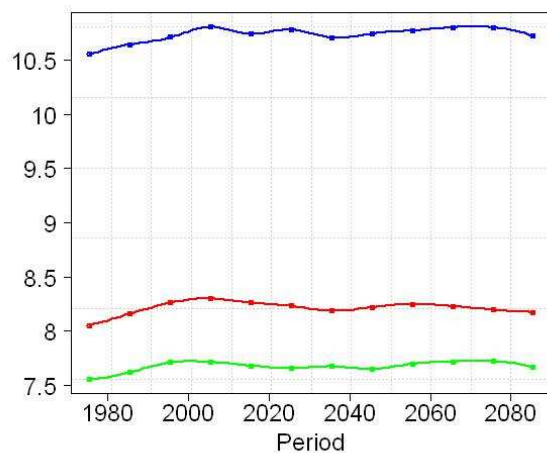
b) Bauska



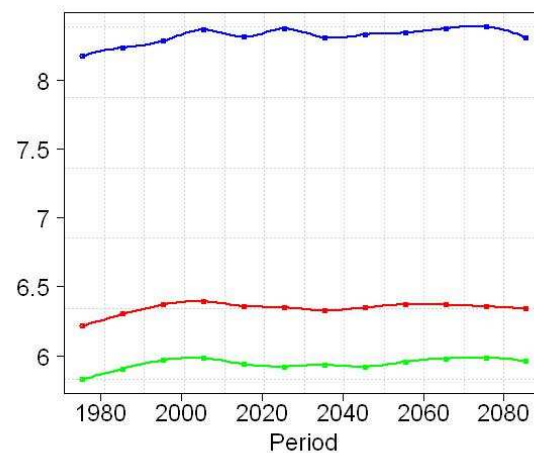
c) Rūjiena



d) Stende

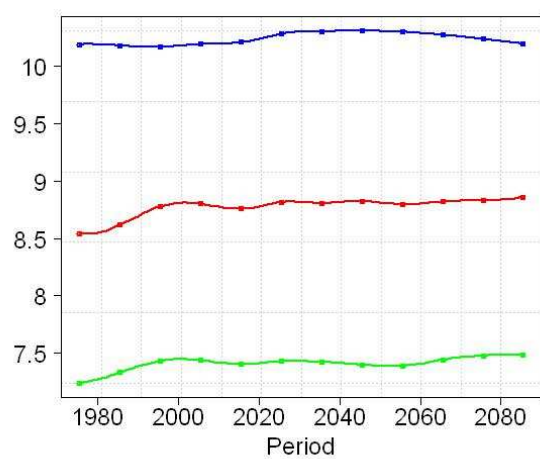


e) Zilāni

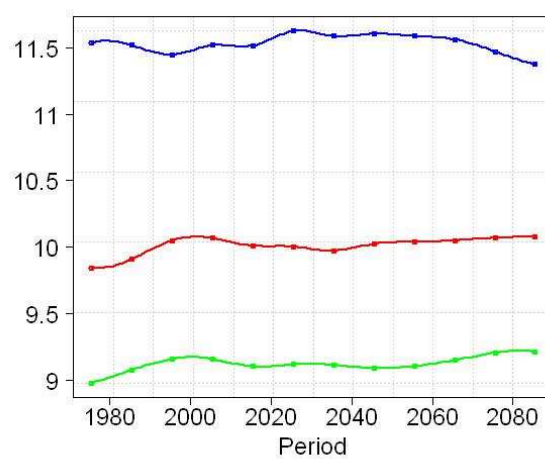


f) Zosēni





g) Pāvilosta

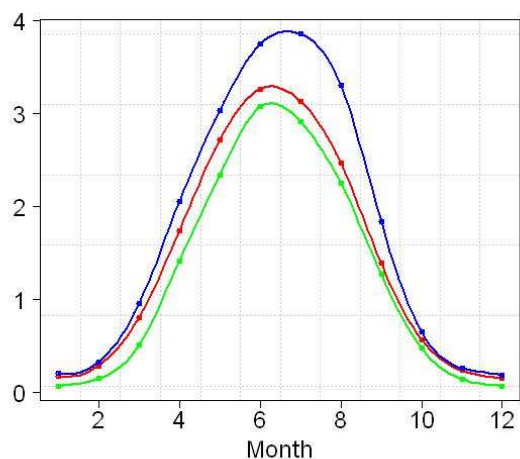
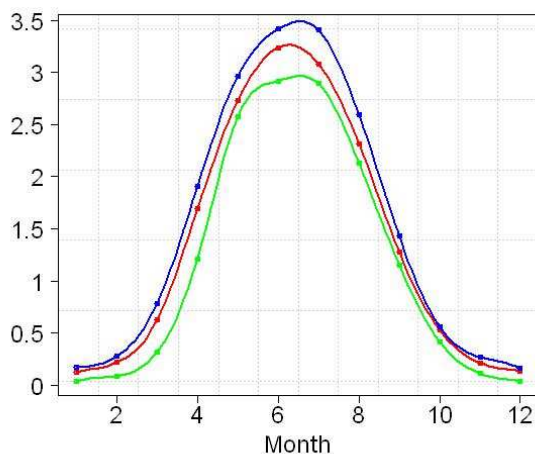


h) Rīga

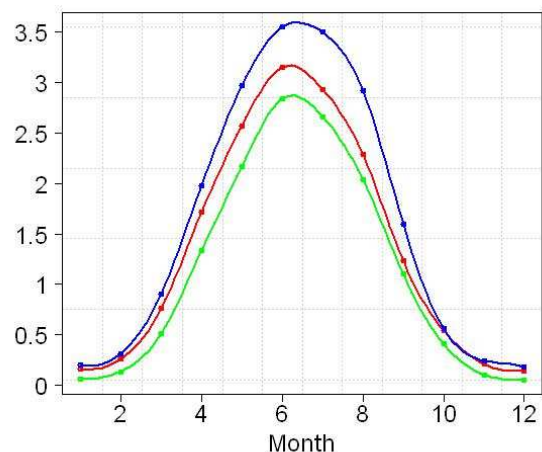
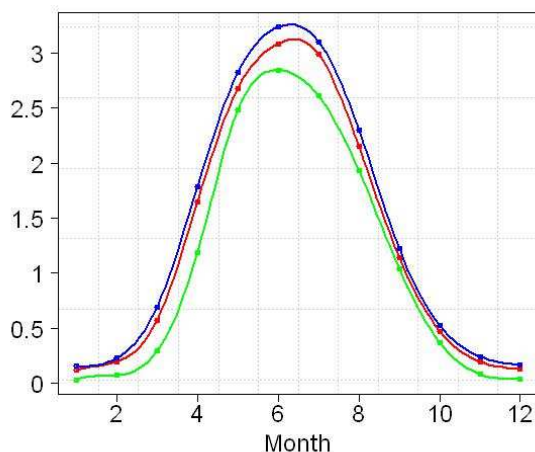
**2.39. attēls. 30 gadu perioda vidējo vēja brāzmu m/s attīstība laikā - mēreno (zaļa līnija), vidējo (sarkana līnija) un nozīmīgo (zila līnija) izmaiņu scenārijs.**

## 12. POTENCIĀLĀ EVAPOTRANSPIRĀCIJA

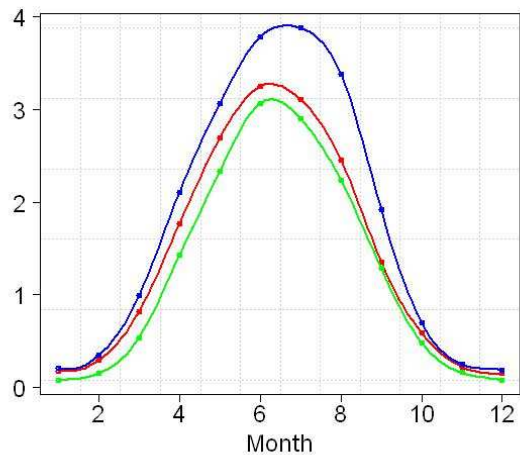
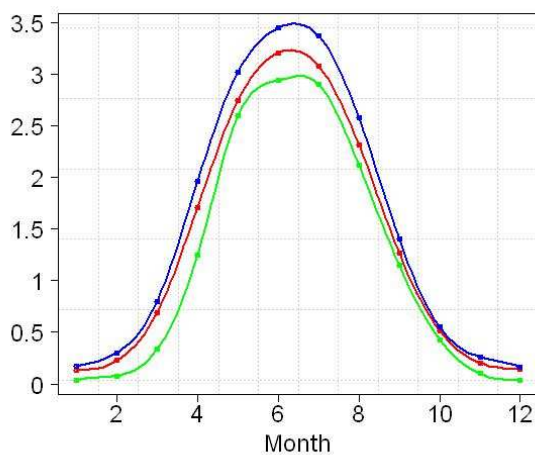
Potenciālās evapotranspirācijas sezonālā gaita mūsdienu klimatam (1961-1990) un trim klimata mainības scenārijiem (mērenam, vidējam un nozīmīgam) tālajā nākotnē (2071-2100) izvēlētās stacijās parādīti att. 2.40. Savukārt, att. 2.41 parādīta klimatiskās (vidējotas 30 gadu laika periodiem) sezonālās (attiecīgā mēneša vidējās) evapotranspirācijas maiņa laikā visiem 3 klimata mainības scenārijiem Stendē.



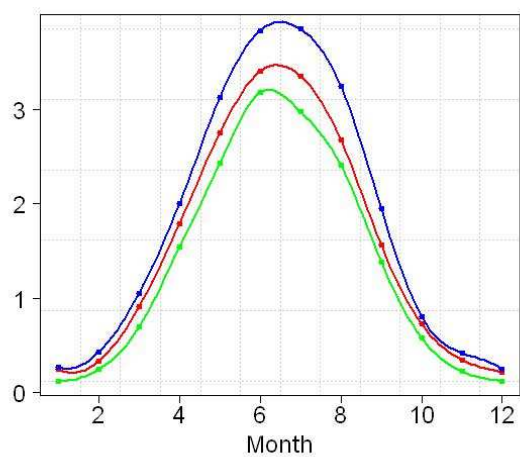
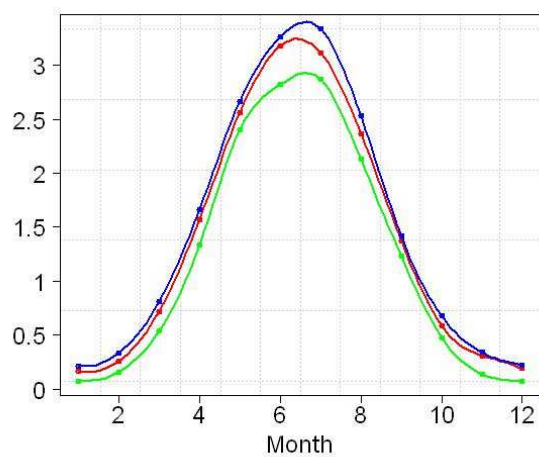
a) Daugavpils



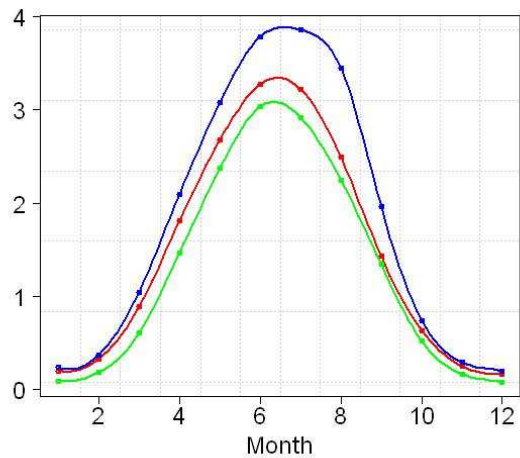
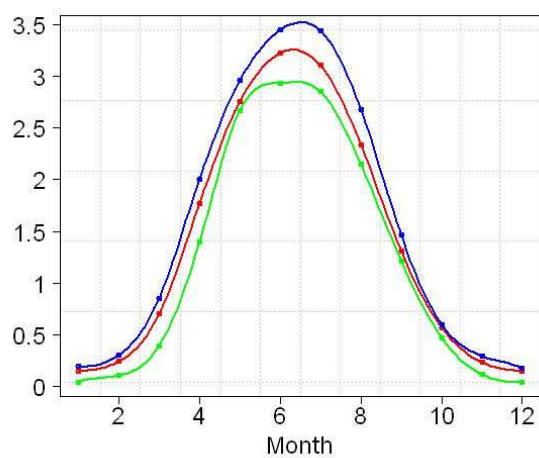
b) Rūjiena



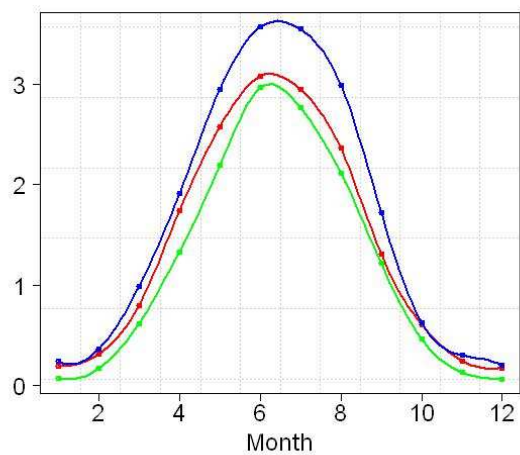
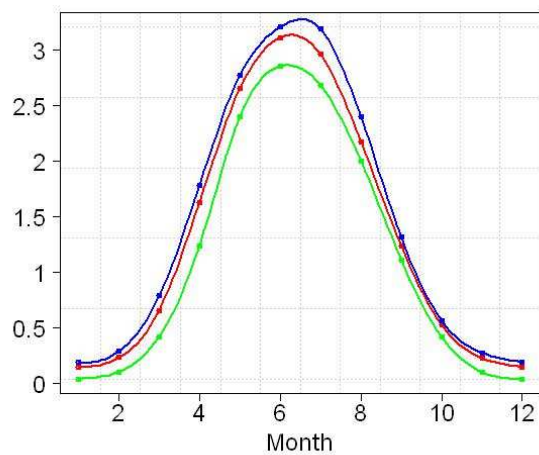
c) Zilāni



*d) Pāvilosta*

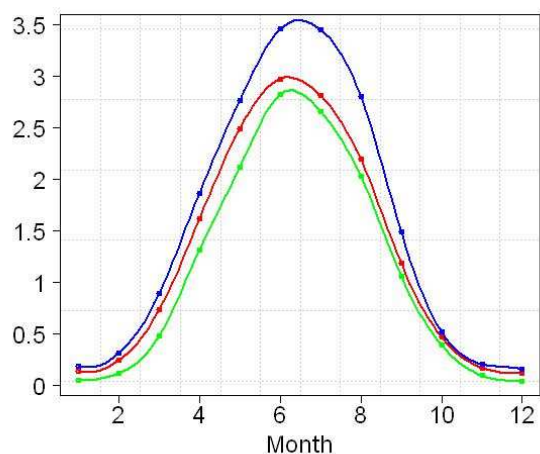
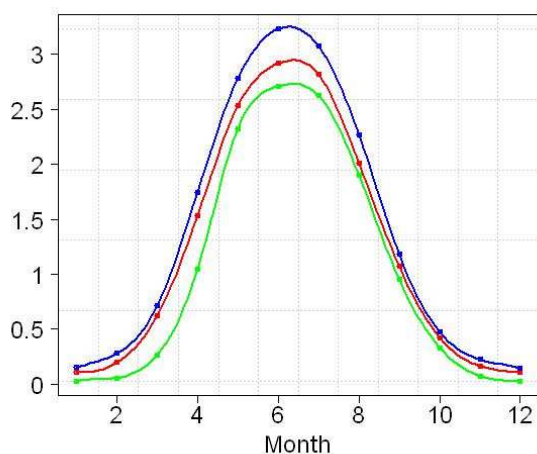


*e) Bauska*



*f) Stende*

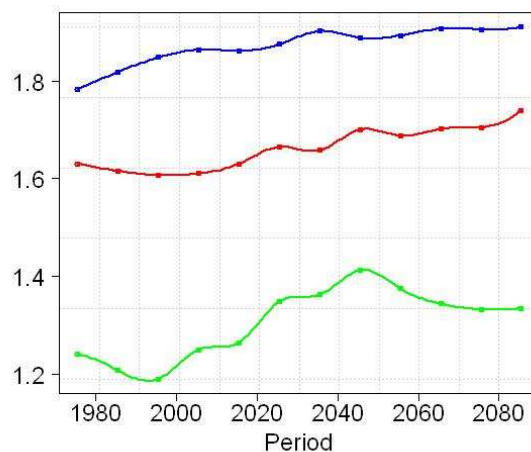
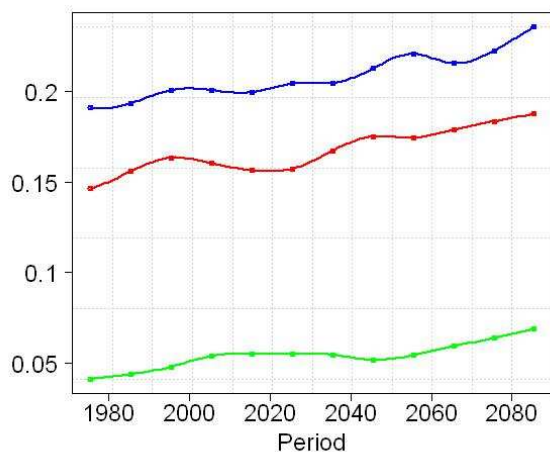




*g) Zosēni*

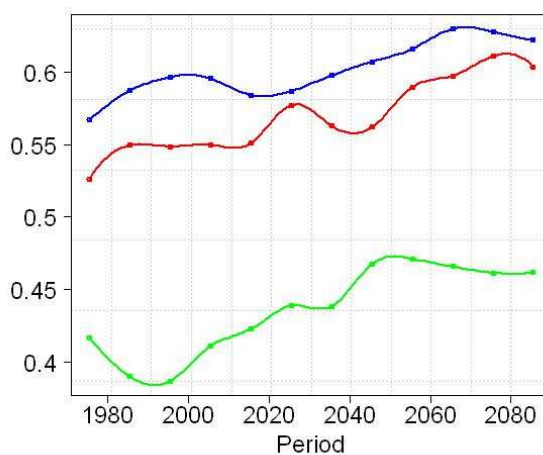
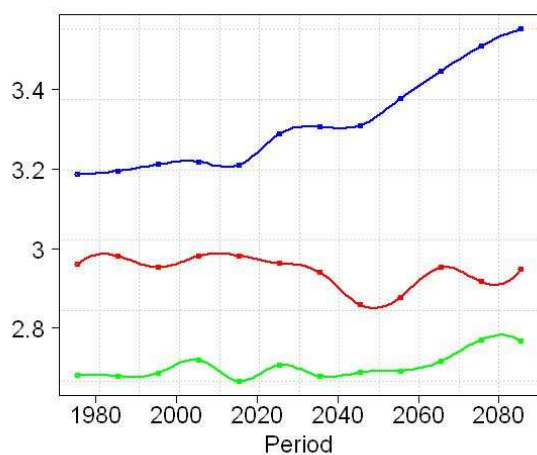
**2.40. attēls. Potenciālās evapotranspirācijas (mm/dnn) mēnešu vidējās vērtības. Kontroles periodā – kreisā kolonna, tālajā nākotnē (2071-2100) – labā kolonna. Mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zaļā līnija) izmaiņu scenāriji.**

Att. 2.40 un 2.41 parāda, ka potenciālās evapotranspirācijas vērtība visās apskatītajās stacijās un visiem klimata mainības scenārijiem laika gaitā pieaug. Saules starojuma intensitātei un ekstrēmajām diennakts relatīvā mitruma vērtībām kontroles periodā nav veikta modeļu sistemātisko kļūdu korekcija (nav pieejamas atbilstošās novērojumu datu rindas), tādēļ modeļu ansambļa vērtības ir izklaidētas arī kontroles periodā.



a) Janvāris

b) Aprīlis



c) Jūlijs

d) Oktobris

**2.41. attēls. 30 gadu vidējās potenciālās evapotranspirācijas mm/dienn. attīstība laikā 4 sezonās - mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zaļā līnija) izmaiņu scenārijiem.**

### 13. IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Ahas A., Jaagus J., Aasa A. (2000). The phenological Calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature. *Int. J. Climatol.*, 44, 159-166.
2. Aasa, A., Jaagus, J., Ahas, R., Sepp, M. (2004). The influence of atmospheric circulation on plant phenological phases in central and eastern Europe. *International Journal of Biometeorology*, 24, pp. 1551–1564.
3. Ahas, R., Aasa, A., Menzel, A., Fedotova, V.G., Scheifinger, H., (2002). Changes in European spring phenology. *Int. J. Climatol.* 22, 1727– 1738.
4. Ahas, R. 1999. Long-term phyto-, ornitho- and ichthyophenological time-series analyses in Estonia. *International Journal of Biometeorology*, 42, pp. 119–123.
5. Badeck, F.-W., Bondeau, A., Bottcher, K., Doktor, D., Lucht, W., Schaber, J., Sitch, S., 2004. Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist* 162, 295–309.
6. Beaubien, E.G., Freeland, H.J., 2000. Spring phenology trends in Alberta, Canada: links to ocean temperature. *Int. J. Biometeorol.* 44, 53–59.
7. Alcamo J., Moreno J.M., Nováky B., Bindi M., Corobov R., Devoy R.J.N, Giannakopoulos C., Martin E., Olesen J.E., Shvidenko A. (2007). Europe. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.
8. Alpert P., Ben-Gai T., Baharad A., Benjamini Y., Yekutieli D., Colacino M., Diodato L., Ramis C., Homar V., Romero R., Michaelides S., Manes A. (2002). The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophys. Res. Lett.*, 29(11), doi:10.1029/2001GL013554.
9. Böhm R., Auer I., Brunetti M., Maugeri M., Nanni T. and Schöner W. (2001) Regional temperature variability in the European Alps: 1760-1998 from homogenized instrumental time series. *Int. J. Climatol.*, 21, 1779-1801.
10. Brunetti M., Buffoni L., Maugeri M., Nanni T. (2000). Trends in minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865 to 1996. *Theoretical and Applied Climatology*, 66, 49-60.
11. Brunetti M., Maugeri M., Monti F., Nanni T (2004). Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years. *J. Geophys. Res.*, 109, D05102, doi:10.1029/2003JD004296.
12. Brunet M., Saladié O., Jones P., Sigró J., Aguilar E., Moberg A., Lister D., Walther A., Lopez D., Almarza C. (2006) The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS) (1850-2003). *Int. J. Climatol.*, 26, 1777–1802.
13. Bukantis A, Rimkus E. (2005). Climate variability and change in Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica* 15: 100-104.
14. Chen, X., Hu, B., Yu, R., (2005). Spatial and temporal variation of phenological growing season and climate change impacts in temperate eastern China. *Global Change Biol.* 11, 1118–1130.
15. Chmielewski, F.,M., Rötzer, T. (2001). Responses of tree phenology to climatic changes across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology* 108, pp. 101 - 112.
16. Defila C., Clot B. 2001. Phytophenological trends in Switzerland. *Int J Biometeorol.* 45, pp. 203-207.
17. Draveniece A. (2001). Sniega segas dinamika. *Folia Geographica*. Rīga, Latvijas Ģeogrāfijas biedrība, 62.-66.lpp



18. Draveniece A., Briede A., Radionovs V., Kļaviņš M. (2007). Long-term changes of snow cover in Latvia as an indicator of climate variability. In: *Climate change in Latvia* (M. Kļaviņš ed.), 73-85. pp.
19. Easterling D.R., Evans J.L., Groisman P.Ya., Karl T.R., Kunkel K.E., Ambenje P. (2000) Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A brief Review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81 417-425.
20. Grišule G. and Briede A. (2007). Phenological time series in Latvia as climate change indicator. In: *Climate change in Latvia* (M. Kļaviņš ed.) 144-153. pp.
21. Heikinheimo, M. & Lappalainen, H. (1997). Dependence of the flower bud burst of some plant taxa in Finland on effective temperature sum: implications for climate warming. *Ann. Bot. Fennici* 34, pp. 229–243.
22. Heino R., Brázdil R., Førland E.J., Tuomenvirta H., Alexandersson H., Beniston M., Pfister C., Rebetz M., Roesner S., Rosenhagen G., Rösner S., Wibig J. (1999). Progress in study of climatic extremes in Northern and Central Europe. *Climatic change* 42: 151-181
23. Heino R., Tuomenvirta H., Vuglinsky V.S., Gustafsson B.G., Alexandersson H., Barring L., Briede A., Cappelen J., Chen D., Falarz M., Førland E.J., Haapala J., Jaagus J., Kitaev L. Kont A., Kuusisto E., Lindström G., Meier H.E.M., Mietus M., Moberg A., Myrberg K., Niedźwiedź T., Nordli Ø., Omstedt A., Orviku K., Pruszek Z., Rimkus E., Russak V., Schrum C., Suursaar Ü., Vihma T., Weisse R., and Wibig J. (2008). Past and current climate change. In: *Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*. Springer. 35-112
24. IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp
25. Jaagus J. and Ahas R. (2000). Space-time variations of climate seasons and their correlation with the phenological development of nature in Estonia. *Clim. Res.* 15:207-219
26. Jaagus J. (2006). Climate change in Estonia during the second half of the 20th century in relationship with changes in large-scale atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology* 83, 77-88.
27. Jones P.D., Briffa K.R., Osborn T., Moberg A., Bergström H. (2002). Relationship between circulation strength and the variability of growing-season and cold season climate in northern and central Europe. *The Holocene* 12 No 6:643-656
28. Jones, P.D. and A. Moberg, (2003). Hemispheric and large scale surface air temperature variations: an extensive revision and an update to 2001. *J. Clim.*, 16, 206- 223.
29. Kalvāne, G., Romanovskaja, D., Briede, A., Bakšiene, E. 2009. Influence of the climate change to the phenological changes in Latvia and Lithuania. *Climate Research*. 39, 209-219.
30. Karlsson, P.S., Bylund, H., Neuvonen, S., Heino, S., Tjus, M., 2003. Climatic response of budburst in the mountain birch at two areas in northern Fennoscandia and possible responses to global change. *Ecography* 26, 617–625.
31. Karlsen et.al 2008. MODIS-NDVI-based mapping of the length of the growing season in northern Fennoscandia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10, 253-266
32. Kozlov, M.V., Berlina, N.G., 2002. Decline in length of the summer season on the Kola Peninsula Russia. *Climatic Change* 54, 387–398.
33. Kļaviņš M., Briede A., Radionovs V. (2007). Ice Regime of rivers in Latvia in Relation to climatic variability. In: *Climate change in Latvia* (M. Kļaviņš ed.) 58-72 pp
34. Kļaviņš, M. D.Blumberga, A.Briede, G.Grišule, M.Kļaviņš, I.Plikša, V. Rodinovs (2008) *Klimata mainība un globālā sasilšana*. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds.

35. Klavins M., A.Briede, V.Rodinov (2009) Long term changes in ice and discharge regime of rivers in the Baltic region in relation to climatic variability. *Climatic Change* (2009) 95:485–498
36. Klein Tank, A.M.G., and G.P. Können, 2003: Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–1999. *J. Clim.*, 16, 3665–3680.
37. Kolcova T., Lizuma L., Rogozova S., Smith M. (2007). Climate change impacts on hydrological processes in Latvia. In: *Climate change in Latvia* (M. Kļaviņš ed.) 86-95 pp
38. Linderholm, H., W. 2006. Growing season changes in the last century. *Agricultural and Forest Meteorology* 137, pp. 1–14.
39. Lizuma L., Kļaviņš M., Briede A., Radionovs V. (2007). Long-term changes of air temperature in Latvia. In: *Climate change in Latvia* (M. Kļaviņš ed.) 11-19 pp.
40. Lizuma L. (2008). *Klimata pārmaiņas Rīgā: gaisa temperatūra un atmosfēras nokrišņi*. Promocijas darbs. Latvijas Universitāte.
41. Lizuma L., A.Briede and M.Klavins (2010). Long-term changes of precipitation in Latvia. *Hydrology Research*, Vol.41.No 3-4, 241-252
42. Manzel A. (2000). Trends in Phenological Phases in Europe between 1951 and 1996. *Int.J. Biometeorol.* 44, 76-81.
43. Menzel, A. (2003). Phenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO. *Climatic Change*, 57, pp. 243– 263.
44. Menzel, A., (2002). Phenology, its importance to the Global Change Community Editorial Comment. *Climatic Change* 54, 379–385.
45. Menzel, A., Estrella, N., Fabian, P., (2001). Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. *Global Change Biol.* 7, 657–666.
46. Menzel, A., (2000). Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *Int. J. Biometeorol.* 44, 76–81.
47. Menzel, A., Fabian, P., (1999). Growing season extended in Europe. *Nature* 397, 659.
48. Min Q. and Lin B., (2006). Determination of spring onset and growing season leaf development using satellite measurements. *Remote Sensing of Environment*, 104, 96-102
49. Moberg A and Bergström H (1997) Homogenization of Swedish temperature data. Part III: The long term records from Uppsala and Stockholm. *Int. J. Climatol.*, 17, 667-699
50. Moberg M., Jones P.D. (2005). Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in central and western Europe 1901-1999. *Int. J. Climatol.* 25: 1149-1172
51. Moberg A., Gouirand I., Schoning K., Wohlfarth B., Kjellström E., Rummukainen M., de Jong R., Linderholm H., Zorita E. (2006) Climate in Sweden during the past millennium – Evidence from proxy data, instrumental data and model simulations. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. Technical Report TR-06-35. 88 pp.
52. Moberg A., Jones F.D., Lister D., Walther A. Brunet M., Jacobeit J., Alexander L.V., Della-Marta P.M., Luterbacher J., Yiou P., Chen D., Klein Tank A.M.G., Saladié O., Sigro'J., Aguilar E., Alexandersson H., Almarza C., Auer I., Barriendos M., Begert M., Bergström M., Böhm R., Butler J., Caesar J., Drebs A., Founda D., Gerstengarbe F.W., Micela G., Maugeri M., Osterle H., Pandzic K., Petrakis M., Srnec L., Tolasz R., Tuomenvirta H., Werner P.C., Linderholm H., Philipp A., Wanner H., Xoplaki E. (2006). Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901–2000. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111 1-25
53. Norrant, C. and A. Douguédroit, (2006). Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean. *Theor. Appl. Climatol.*, 83, 89-106.
54. Pudas, E. Leppälä, M., Tolvanen, A., Poikolainen J., Venäläinen A., Kubin E. (2008) Trends in phenology of *Betula pubescens* across the boreal zone in Finland. *Int J Biometeorol.* 52, 251–259

55. Piervitali E., Colacino, M. and Conte, M. (1998). Rainfall over the Central-Western Mediterranean basin in the period 1951-1995. Part I: Precipitation trends. *Geophysics and Space Physics* 21C(3), 331-344.
56. Reihan et al., 2007 Reihan A., Koltsova T., Kriauciuniene J., Lizuma L., Meilutyte-Barauskiene D. (2007). Changes in water discharges of the Baltic states rivers in the 20th century and its relations to climate change. *Nordic Hydrology* Vol 38 No 4-5 401-412
57. Romanovskaja, D. (2004). Klimato šiltėjimo įtaka fenologinių sezonų trukmei Lietuvos teritorijoje. Influence of climate warming on duration of phenological seasons on territories of Lithuania. *Žemės ūkio mokslai*. pp. 25 - 37
58. Romero R., Guijarro, J.A., Ramis, C. and Alonso, S. (1998). A 30-year (1964-1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions: First exploratory study. *Int. J. Climatol.* 18, 541-560.
59. Sparks, T., H., Jeffree, E., P., Jeffree, C., E. 2000. An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *Int J Biometeorol*, 44, pp. 82-87.
60. Shutova et al (2006). Growing seasons of Nordic mountain birch in northernmost Europe as indicated by long-term field studies and analyses of satellite images. *Int J Biometeorol*, 51, 155-166
61. Schönwiese, C.D. and Rapp, J. (1997). Climate Trend Atlas of Europe Based on Observations 1891-1990. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 228 pp.
62. Vitasek et al, (2009) Leaf phenology sensitivity to temperature in European trees: Do within-species populations exhibit similar responses? *Agricultural and Forest Meteorology*, 149, 735-744
63. Yan Z., Jones P. D., Davies T. D., Moberg A., Bergström H, Camuffo D., Cocheo C., Maugeri M, Demarée G. R., Verhoeve T., Thoen E., Barriendos M., Rodríguez R, Martín-Vide J. and C. Yang (2002). Trends of Extreme Temperatures in Europe and China Based on Daily Observations *Climatic Change*, Volume 53, Numbers 1-3 / 355-392

#### **Nepublicėta literatūra:**

1. Beck, P. S. A., Karlsen, S. R., Skidmore A., Nilsen L., Høgda K.A. 2005. The onset of the growing season in northwestern Europe, mapped using MODIS NDVI and calibrated using phenological ground observations. Pieejams: <http://www.isprs.org/publications/related/ISRSE/html/papers/261.pdf>
2. Cameron, P. 2005. Indicators of climate change in the Northeast 2005. The Climate change research center, University of New Hampshire. 40 pp. Pieejams internetā: <http://cleanair-ooplplanet.org/information/pdf/indicators.pdf>
3. Ho C.H., Lee E.J., Lee I., Kim W., 2005. Earlier Spring in Seoul, Korea. Seoul National University, [http://cirrus.snu.ac.kr/paper/HoMS\(new\).pdf](http://cirrus.snu.ac.kr/paper/HoMS(new).pdf)
4. Koch, E. et.al., 2006. Guidelines for plant phenological observations. COST 725 materiāls. Pieejams internetā: [http://topshare.wur.nl/publicfiles/73471\\_1\\_guidelines-ges-fin\\_2.pdf](http://topshare.wur.nl/publicfiles/73471_1_guidelines-ges-fin_2.pdf)
5. Berlīnes Humbolta Universitāte, Lauksaimniecības un dārzkopības koledžas mājas lapā: <http://www.agrar.hu-berlin.de/pflanzenbau/agrarmet/>
6. Projekta "Phenology as an indicator of climate change effects (PhenoClim)" mājas lapā: <http://project.itek.norut.no/phenology/en/info/home.htm>