



LATVIJAS VIDES, ĢEOLOĢIJAS  
UN METEOROLOĢIJAS CENTRS



**VSIA “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs”**

## **KLIMATA PĀRMAIŅU SCENĀRIJI LATVIJAI**

### **Ziņojums**

**Eiropas Ekonomikas zonas finanšu instrumenta 2009.-2014. gada perioda projekts  
“Priekšlikuma izstrāde Nacionālajai klimata pārmaiņu pielāgošanās stratēģijai,  
identificējot zinātniskos datus un pasākumus pielāgošanās klimata pārmaiņām  
nodrošināšanai, kā arī veicot ietekmju un izmaksu novērtējumu”**

Zanita Avotniece  
Svetlana Aņiskeviča  
Edgars Maļinovskis

Rīga, 2017

# SATURA RĀDĪTĀJS

IEVADS .....	4
1. LĪDZŠINĒJĀS KLIMATA PĀRMAIŅAS PASAULĒ UN ZIEMEĻEIROPĀ .....	6
1.1. Klimatiskie apstākļi un to raksturošana .....	6
1.2. Klimata pārmaiņas .....	8
1.3. Ekstremālas klimatiskas parādības .....	10
1.4. Klimata pārmaiņu ietekmes .....	12
2. IZMANTOTIE DATI UN METODES .....	14
2.1. Pētījumā izmantotā piezemes meteoroloģisko novērojumu informācija .....	14
2.2. Novērojumu datu kvalitātes pārbaude .....	16
2.3. Klimatisko parametru ilggadīgo izmaiņu tendenču novērtēšana .....	17
2.4. Klimatisko parametru interpolācijas metodes .....	19
2.5. Pētījumā izmantotie klimata indeksi un to aprēķins .....	22
2.6. Klimatisko parametru ekstremālo vērtību atgriešanās līmeņu un periodu aprēķins .....	27
2.7. Pētījumā izmantotie globālo skaitlisko klimata modeļu dati .....	29
2.8. Klimata modeļu aprēķinu rezultātu pielāgošana Latvijas klimatiskajiem apstākļiem .....	33
2.9. Klimata pārmaiņu scenāriju aprēķina rezultāti Latvijas teritorijai .....	43
3. LĪDZŠINĒJĀS KLIMATA PĀRMAIŅAS LATVIJĀ .....	45
3.1. Gaisa temperatūra .....	45
3.1.1. Vidējo gaisa temperatūras rādītāju izmaiņas Latvijā .....	47
3.1.2. Ekstremālo gaisa temperatūras rādītāju izmaiņas Latvijā .....	84
3.2. Atmosfēras nokrišņi .....	119
3.2.1. Vidējo atmosfēras nokrišņu rādītāju izmaiņas Latvijā .....	120
3.2.2. Ekstremālo atmosfēras nokrišņu rādītāju izmaiņas Latvijā .....	137
3.3. Vēja ātrums un virziens .....	155
3.3.1. Vēja ātruma izmaiņas Latvijā .....	157
3.3.2. Vēja virziena izmaiņas Latvijā .....	171
3.4. Ekstremālo vērtību atgriešanās līmeņi Latvijā .....	176
3.4.1. Ekstremāli augsta gaisa temperatūra .....	178
3.4.2. Ekstremāli zema gaisa temperatūra .....	179
3.4.3. Ekstremāli atmosfēras nokrišņi .....	181
3.4.4. Ekstremāls vidējais vēja ātrums .....	182
4. KLIMATA PĀRMAIŅU SCENĀRIJI LATVIJAI LĪDZ 2100. GADAM .....	184
4.1. Klimata pārmaiņu scenāriji .....	184
4.2. Nākotnes klimata pārmaiņas Pasaulē un Eiropā .....	185

4.3. Gaisa temperatūras rādītāju izmaiņas Latvijā laika periodā līdz 2100. gadam .....	187
4.4. Atmosfēras nokrišņu rādītāju izmaiņas Latvijā līdz 2100. gadam .....	210
4.5. Vēja ātruma izmaiņas Latvijā līdz 2100. gadam .....	220
5. SECINĀJUMI .....	227
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	231

## IEVADS

Klimatu var definēt kā teritorijai raksturīgu ilglaicīgu laika apstākļu režīmu, tomēr mūsdienu klimata pārmaiņu apstākļos šis režīms ir ievērojami mainījies. Pagājušajā gadsimta gaitā ir konstatētas visstraujākās klimatisko parametru izmaiņas instrumentālo meteoroloģisko novērojumu vēsturē, un viss liecina par to, ka 21. gadsimtā šīs klimata pārmaiņas būs vēl straujākas, un ietekmēs gan sabiedrību kopumā, gan arī dažādas nozares un tautsaimniecības sektorus.

Arī Latvijā ilggadīgajā laika periodā ir konstatētas klimatisko apstākļu izmaiņas, kas izpaudušās gan kā meteoroloģisko parametru vidējo vērtību, gan arī to ekstremālo vērtību pārmaiņas, tomēr līdz šim šo izmaiņu telpiskās izplatības raksturs un attīstības tendences nākotnē ir tikušas apzinātas tikai daļēji. Līdz ar to Eiropas Ekonomikas zonas finanšu instrumenta 2009.-2014. gada perioda iepriekš noteiktā projekta “Priekšlikuma izstrāde Nacionālajai klimata pārmaiņu pielāgošanās stratēģijai, identificējot zinātniskos datus un pasākumus pielāgošanās klimata pārmaiņām nodrošināšanai, kā arī veicot ietekmju un izmaksu novērtējumu” ietvaros tika veikta detalizēta un telpiski aptveroša vēsturisko meteoroloģisko novērojumu datu analīze par laika periodu no 1961. līdz 2010. gadam, kā arī izstrādāti klimata pārmaiņu scenāriji Latvijai laika periodam līdz 2100. gadam. Pētījumā izmantotās novērojumu un projekciju informācijas augstā telpiskā izšķirtspēja ir būtiska nacionāla un lokāla mēroga risku apzināšanai un novērtēšanai, kā arī turpmāku adaptācijas pasākumu plānošanai.

Pētījuma mērķis: apzināt un novērtēt līdzšinējo klimata pārmaiņu izpausmes un nākotnes klimata pārmaiņu scenārijus Latvijā.

Izvirzītā mērķa sasniegšanai pētījuma gaitā tika risināti sekojoši galvenie uzdevumi:

1. Apkopot vēsturisko meteoroloģisko novērojumu informāciju Latvijā par sekojošiem meteoroloģiskajiem parametriem: gaisa temperatūra, atmosfēras nokrišņi, vēja ātrums un vēja virziens;
2. Izstrādāt zinātniski pamatotu un Latvijas apstākļiem piemērotu meteoroloģisko novērojumu datu interpolācijas metodi;
3. Izmantojot vēsturisko meteoroloģisko novērojumu informāciju, apzināt un raksturot līdzšinējos klimatiskos apstākļus Latvijā, apskatot gan parametru vidējās un ekstremālās vērtības, gan arī to izplatības sezonālās un lokālās iezīmes;

4. Izmantojot vēsturisko meteoroloģisko novērojumu informāciju, identificēt un raksturot līdzšinējo klimata pārmaiņu raksturu Latvijā;
5. Veikt nākotnes klimata pārmaiņu scenāriju izstrādi Latvijai līdz 2100. gadam, izmantojot 28 globālo skaitlisko klimata modeļu aprēķinus atbilstoši Klimata pārmaiņu starpvaldību ekspertu grupas (IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*) Piektajā Novērtējuma ziņojumā (AR5) pieņemtajiem siltumnīcefekta gāzu emisijas scenārijiem (RCP4.5 un RCP8.5);
6. Balstoties uz klimata pārmaiņu scenāriju aprēķina rezultātiem, raksturot iespējamās klimata pārmaiņas Latvijā laika periodā līdz 2100. gadam.

Pētījuma rezultātiem ir būtiska praktiska nozīme Latvijas sabiedrībā, vairojot izpratni par līdzšinējām un gaidāmajām klimata pārmaiņām tieši šīs valsts teritorijā. Līdztekus klimata pārmaiņu ietekmju novērtējumam dažādos tautsaimniecības sektoros, šī pētījuma rezultāti sniedz informāciju par klimata pārmaiņu izraisītajiem riskiem, un palīdz tos izprast, sistemātiski novērtēt un prioritēt reģionālo vai ekonomisko sektoru līmenī, veicinot klimata adaptācijas pasākumu efektivitāti konkrētajās jomās un nozarēs. Līdz ar to šī pētījuma rezultāti tiks izmantoti priekšlikuma sagatavošanai Nacionālās klimata pārmaiņu pielāgošanās stratēģijas izstrādei. Pētījuma rezultātu galvenās mērķa grupas ir ministrijas, citas valstiskās institūcijas, zinātniskie nodibinājumi, izglītības iestādes un pašvaldības, kā arī sabiedrība kopumā.

Ziņojuma izstrāde finansēta no Eiropas Ekonomikas zonas finanšu instrumenta 2009.-2014. gada programmas “Nacionālā klimata politika” projekta Nr. 4.3-23/EEZ/INP-001 “Priekšlikuma izstrāde Nacionālajai klimata pārmaiņu pielāgošanās stratēģijai, identificējot zinātniskos datus un pasākumus pielāgošanās klimata pārmaiņām nodrošināšanai, kā arī veicot ietekmju un izmaksu novērtējumu”.

# 1. LĪDZŠINĒJĀS KLIMATA PĀRMAIŅAS PASAULĒ UN ZIEMEĻEIROPĀ

Klimata pārmaiņas mūsdienās ir viens no aktuālākajiem tematiem sabiedrībā, tomēr lielai daļai klimata pārmaiņu aspektu nepieciešama turpmāka padziļināta zinātniskā izpēte. Šīs pārmaiņas nenoliedzami ir globālas, tomēr to lokālās izpausmes ir atkarīgas no reģionālajiem apstākļiem un īpatnībām (Kļaviņš, 2007), kas Latvijas teritorijā padziļināti tiek pētītas projekta Nr. 4.3-23/EEZ/INP-001 “Priekšlikuma izstrāde Nacionālajai klimata pārmaiņu pielāgošanās stratēģijai, identificējot zinātniskos datus un pasākumus pielāgošanās klimata pārmaiņām nodrošināšanai, kā arī veicot ietekmju un izmaksu novērtējumu” ietvaros. Šī darba 1. nodaļā apkopota informācija par līdzšinējo pasaulē un Eiropā izstrādāto pētījumu rezultātiem klimata pārmaiņu novērtēšanas jomā, kas kalpo par stūrakmeni pilnvērtīgai un reprezentatīvai klimata pārmaiņu novērtēšanai arī Latvijas teritorijas apstākļos.

## 1.1. Klimatiskie apstākļi un to raksturošana

Klimatu var definēt kā laika apstākļu parametru vērtības, kas ir raksturīgas kādai noteiktai vietai un attiecināmas uz noteiktu laika periodu (WMO, 2011). Klimatu raksturo vidējās un ilggadīgās atmosfēras fizikālo rādītāju vērtības, kas piemīt Zemei kopumā (globālais klimats) vai noteiktai teritorijai - valstij, reģionam. Klimatisko apstākļu raksturojumu papildina laika apstākļu mainības izvērtējums dažādos laika posmos, kā arī atsevišķu parādību, piemēram, vētru, atkārtotās biežuma analīze. Teritorijas klimatiskie apstākļi ir daudz pastāvīgāki nekā dienu no dienas mainīgie laika apstākļi, un šos ilggadīgi raksturīgos klimatiskos apstākļus nosaka saņemtā Saules starojuma daudzums un sadalījums gada laikā, valdošie atmosfēras cirkulācijas apstākļi, kā arī Zemes virsmas raksturs (Kļaviņš et al., 2008; Rafferty, 2011; Scafetta and West, 2008). Klimatu var uzskatīt par kompleksu sistēmu, ko veido atmosfēra, sauszemes virsma, sniegs, ledus, okeāns, dažādas mazākas ūdenstilpes un dzīvie organismi. Liela nozīme klimata veidošanā ir atmosfēras mijiedarbībai ar citām šīs sistēmas sastāvdaļām (WMO, 2011).

Lai reprezentatīvi raksturotu kādas noteiktas teritorijas klimatiskos apstākļus, plaši izplatīta ir 30 gadu ilgu periodu meteoroloģisko apstākļu apkopojumu izmantošana. Pēc Pasaules Meteoroloģijas organizācijas tehniskajiem norādījumiem klimatisko parametru standarta normas jeb raksturīgos klimatiskos apstākļus var definēt kā klimatisko parametru

vidējās vērtības, kas aprēķinātas 30 secīgu gadu periodam. Šobrīd starptautiski pieņemts klimatiskās standarta normas periods ir laika posms no 1981. gada 1. janvāra līdz 2010. gada 31. decembrim. Ik pēc 10 gadiem klimatiskā standarta norma tiek pārrēķināta, tādēļ, beidzoties šai desmitgadei, standarta norma būs atbilstoša periodam no 1991. gada 1. janvāra līdz 2020. gada 31. decembrim. Paralēli klimatiskajām normām klimatoloģijā tiek izmantots arī klimatiskais references periods. Saskaņā ar pašreizējiem Pasaules Meteoroloģijas organizācijas tehniskajiem norādījumiem ilgtermiņa klimata pārmaiņu novērtēšanai, kā arī klimata mainības raksturošanai tiek izmantots 30 gadus ilgs references periods no 1961. gada 1. janvāra līdz 1990. gada 31. decembrim. Šo periodu izmanto, lai būtu iespējams novērtēt klimata pārmaiņu apmēru un klimata mainību, kā arī salīdzināt novērotās izmaiņas starp dažādām pasaules valstīm attiecībā pret definētajiem standarta jeb references klimatiskajiem apstākļiem (WMO, 2011). Kaut arī 1981-2010. gada 30 gadu periods tiek uzskatīts par pašreizējo klimatiskās normas periodu, klimatu var raksturot arī ar citiem ilglaicīgiem periodiem (Arguez and Vose, 2011).

Klimatisko apstākļu raksturošanai dažādos griezumos visbiežāk tiek izmantota statistikas analīze, kas ietver meteoroloģisko parametru vērtību, kā arī to mainības izvērtējumu. Kā klimatiskos apstākļus raksturojoši parametri visbiežāk tiek izmantotas piezemes meteoroloģisko parametru vērtības, piemēram, gaisa temperatūra, atmosfēras nokrišņu daudzums un vēja raksturlielumi. Raksturojot klimatiskos apstākļus plašākā griezumā, bieži tiek izmantotas ne tikai vidējās parametru vērtības, bet arī tādi statistikas rādītāji kā noteiktu parametru vērtību atkārtotāšanās biežums, raksturīgā vērtību amplitūda, izmaiņu tendences un mainība. Nereti, lai raksturotu kompleksu parādību, piemēram, sausuma periodu, ilggadīgās izplatības un mainības iezīmes, klimatiskā raksturojuma izstrādei tiek kompleksi apvienotas vairāku meteoroloģisko parametru vērtības (IPCC, 2014). Tāpat būtisks aspekts teritorijas klimatisko apstākļu raksturošanas nolūkā ir arī ekstremālo klimatisko parādību analīze. Ekstremālas klimatiskās parādības pēc definīcijas ir retas parādības, tomēr tās aizvien tiek novērotas, un bieži vien pat pārsniedz iepriekšējos intensitātes rekordus, tādēļ mūsdienās vērojama pastiprināta interese par to, vai šādas ekstremālas parādības ir nejaušas un dabiskas, vai arī tās izraisa cilvēka saimnieciskās darbības ierosinātās klimata pārmaiņas vai kādi citi nestacionāri apstākļi (Naveau et al., 2005; Katz, 1999). Pētījumos, kuros tiek aplūkotas ekstremālās parādības kontekstā ar to radīto ietekmi, par ekstremālu parasti uzskata tādu parādību, kurai raksturīga neliela atkārtotāšanās (parasti zem datu sadalījuma 10. vai virs 90. procentīles), īpaši augsta intensitāte (arī gadījumos, kad parādība nav reta) vai plašas radīti postījumi vai citas negatīvas sekas (Planton et al., 2012).

## 1.2. Klimata pārmaiņas

Klimata pārmaiņas var attiecināt uz meteoroloģisko parametru vidējo vērtību ilglaicīgām izmaiņām atmosfērā dabisku faktoru un cilvēku saimnieciskās darbības ietekmes rezultātā. Īpaši straujas klimata pārmaiņas pasaulē ir notikušas kopš 20. gadsimta vidus (IPCC, 2014). Svarīgi ir minēt, ka atšķirīgs jēdziens ir klimata mainība, kas var tikt definēta kā svārstības klimata rādītājos dažādu ārēju faktoru ietekmē (The BACC II Author Team, 2015). Klimata mainība bieži tiek saistīta ar atmosfēras spiediena un okeāna cirkulācijas dinamiku. Piemēram, El Niño un La Niña periodi ir attiecināmi uz straujām Klusā okeāna virsmas temperatūras izmaiņām ekvatoriālajā apgabalā (WMO, 2013). Liecības, kas vēsta par klimata mainību un klimata pārmaiņām var būt ļoti dažādas, un ir nepieciešams apzināties, kādas var būt šo procesu radītās sekas un kādas ir iespējas modelēt iespējamās pārmaiņas nākotnē (Kļaviņš un Briede, 2012).

Klimatiskos apstākļus pēdējo simts gadu laikā raksturo ievērojamas pārmaiņas, kuras pietam ir ļoti straujas, salīdzinot ar izmaiņu raksturu pēdējo tūkstošu gadu laikā, kā arī ilgākā laika posmā (Kļaviņš et al., 2008). Klimata pārmaiņu starpvaldību ekspertu grupa (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) apkopo datus un pētījumus saistībā ar klimata pārmaiņām un to radītajām sekām, lai veiktu detalizētu analīzi par to, kā klimata izmaiņas norisinās un kā izmaiņas ietekmē cilvēkus un apkārtējo vidi. Darba grupas Piektajā Novērtējuma ziņojumā ir apkopoti vairāki slēdzieni, kas saistīti ar dabisko un cilvēka veidoto sistēmu izmaiņām klimata pārmaiņu kontekstā. Galvenās atziņas akcentē izteiktu globālu piezemes gaisa temperatūras paaugstināšanos kopš 19. gadsimta beigām, iespējamu nokrišņu daudzuma palielināšanos ziemeļu puslodē kopš 1901. gada, kā arī ekstremālo parādību atkārtotās biežuma palielināšanos dažādos laika periodos (IPCC, 2014). Līdzīgas atziņas iegūtas arī, BACC (*The Baltic Earth Assessment of Climate Change*) autoru grupai apkopojot vairāku pētījumu rezultātus par izmaiņām klimatā Baltijas jūras reģionā. Ir noskaidrots, ka Baltijas jūras reģions sasilst un šī sasilšana ir noritējusi gandrīz vienmērīgi visa 21. gadsimta gaitā (The BACC Author Team, 2008), savukārt otrajā autoru grupas klimata pārmaiņu novērtējumā (The BACC II Author Team, 2015) tika apstiprināts, ka iepriekš konstatētās temperatūras izmaiņu tendences saglabā savu raksturu.

Globāli palielinājies ir arī atmosfēras nokrišņu daudzums, tomēr šī parametra izmaiņu apmērs ir atkarīgs no teritorijas un apskatītā laika perioda. Vidējos platumu grādos (no 30° līdz 60°) laika periodā no 1950. gada līdz mūsdienām atmosfēras nokrišņu daudzums ir palielinājies ievērojami un ar augstu statistiskā būtiskuma līmeni, tomēr citviet pasaulē nokrišņu izmaiņas



un to būtiskuma līmenis ir atšķirīgs: piemēram, Sāhela zonā Āfrikā un Vidusjūras reģionā nokrišņu kļūst mazāk (IPCC, 2014). Baltijas jūras reģionā vairāku pētījumu gaitā ir konstatētas pazīmes, kas liecina par atsevišķu nokrišņu periodu ilguma palielināšanos, kā arī ekstremālu nokrišņu iespējamības palielināšanos (The BACC II Author Team, 2015). Lielā daļā pasaules reģionu izmaiņas nokrišņu dinamikā vai kūstošais ledus un sniegs rada izmaiņas ne tikai hidroloģisko sistēmu ūdens resursu krājumu apmēros, bet arī to kvalitātē (IPCC, 2014b).

Gaisa temperatūras paaugstināšanās ilggadīgā periodā ir izraisījusi arī vēja ātruma un virziena izmaiņas, tomēr vēja izmaiņu tendences ir nosakāmas sarežģītāk nekā, piemēram, gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu izmaiņu tendences. Agrāk vēja ātruma novērojumi tika veikti vizuāli, izmantojot Boforta skalu, savukārt instrumentāli ar anemometru vēja ātrumu sāka novērot tikai no pagājušā gadsimta 50-tajiem gadiem. Savukārt mūsdienās, kopš 1987. gada, virs jūru un okeānu virsmām ir pieejami arī satelītu novērojumu dati, kas var sniegt informāciju par dažādiem vēja raksturlielumiem augstā izšķirtspējā laikā un telpā. Tomēr, ņemot vērā, ka klimatiskajā analīzē galvenais datu avots par vēja ātrumu un virzienu virs sauszemes ir anemometra mērījumi, pastāv augsta nenoteiktība gan klimatoloģisko analīžu, gan arī ilggadīgo izmaiņu tendenču novērtējumu rezultātos, jo šie mērinstrumenti ir ļoti jutīgi attiecībā pret to augstumu virs zemes virsmas, kā arī apkārtējās vides elementiem, kas laika gaitā var tikt pakļauti izmaiņām (IPCC, 2014). Novērtējot šī nozīmīgā meteoroloģiskā elementa ilggadīgo izmaiņu raksturu, Klimata pārmaiņu starpvaldību ekspertu grupa Piektajā Novērtējuma ziņojumā ir secinājusi, ka pastāv zema pārliecība par to, ka piezemes vēja ātrums ilggadīgajā laika periodā globālā mērogā ir izteikti un būtiski mainījies. Tomēr, izmantojot visus pieejamos novērojumu datus, izmaiņu tendences rāda, ka pastāv teritorijas, kur vēja ātrums (vidējais un maksimālais) pieaug un arī teritorijas, kur tas samazinās. Globāls pārskats, kas veidots no 148 pētījumiem, rāda, ka piezemes vēja ātrums virs sauszemes ir samazinājies tropu un vidējo platumu teritorijās abās Zemes puslodēs vidēji par 0,14 m/s dekādē, bet lielo platumu grādu reģionos – Aļaskā, Kanādas arktiskajā daļā un Antarktīdā vēja ātrums ir palielinājies (IPCC, 2014). Divdesmitā gadsimta otrajā pusē vēja klimatiskie parametri ir ievērojami mainījušies arī Atlantijas okeāna ziemeļaustrumu daļā, kā arī Eiropas ziemeļos. BACC autoru grupa, apkopojot pieejamos pētījumus, secinājusi, ka Baltijas jūras sateces baseina reģionā kopš 19. gadsimta kopumā nav būtisku izmaiņu tendenču vēja ikgadējos statistikas rādītājos. Tomēr pastāv vērā ņemamas variācijas datu rindās laika mērogā starp atsevišķām dekādēm (The BACC II Author Team, 2015).

Līdzšinējās klimata pārmaiņas ir ietekmējušas visas klimata sistēmas sastāvdaļas. Globālās sauszemes un okeānu virsmas temperatūras izmaiņu tendences laika periodā no 1880.

līdz 2012. gadam uzrāda ūdens virsmas temperatūras paaugstināšanos par 0,85°C. Okeāna augšējā slānī (līdz 75 m dziļumam) globālā mērogā ūdens temperatūra laika periodā no 1971. līdz 2010. gadam ir paaugstinājusies par 0,11°C/dekādē (IPCC, 2014). Paralēli piezemes gaisa temperatūras un ūdens temperatūras paaugstināšanās tendencei, globāli vērojama arī jūras un sauszemes ledus apjoma samazināšanās. Vidējais ledāju sarukums laika periodā no 1971. līdz 2010. gadam ir 226Gt/gadā, bet laika periodā no 1993. līdz 2009. gadam ledāju sarukums ir jau 275Gt/gadā (IPCC, 2014b). Ledum, kas klāj jūras un okeānus, ir viena no noteicošajām lomām klimata veidošanā, turklāt ledus veido dzīves vides apstākļus vairākām dzīvnieku sugām. Ledus apjoma samazināšanās tendences pazemina Zemes virsmas albedo vērtību jeb atstaroto saules radiācijas daudzumu, kā rezultātā Zemes virsma radiāciju absorbē vairāk un ievērojamāk sasilst (UNEP, 2007). Turklāt ledāju kušana un tās izraisītā okeānu ūdens apjoma palielināšanās ir noteicošie faktori tam, ka 20. gadsimtā jūrās un okeānos ir paaugstinājies ūdens līmenis. Nozīmīgs ūdens līmeņa paaugstināšanos izraisošs faktors ir Antarktīdas un Grenlandes ledāju kušana, kas ir sevišķi intensificējusies kopš 1990. gada. Ūdens līmenis jūrās laika periodā no 1901. līdz 2010. gadam kopumā ir paaugstinājies par 0,19m, bet laika periodā no 1971. līdz 2010. gadam par 2,0mm/gadā (IPCC, 2014b). Ļoti iespējams, ka vidējais ūdens līmenis laika posmā no 1993. līdz 2010. gadam ir paaugstinājies vidēji par 3,2mm/gadā (IPCC, 2014).

### **1.3. Ekstremālas klimatiskas parādības**

Līdztekus klimatisko parametru vidējo vērtību izmaiņām, ilggadīgajā laika periodā pasaulē un Eiropā novērotas arī ekstremālo klimatisko parādību biežuma un intensitātes izmaiņas. Ekstremālas klimatiskas parādības mūsdienās ir kļuvušas par nozīmīgu pētījumu objektu, ko lielā mērā motivē plašās diskusijas par klimata pārmaiņām, ekstremālajām parādībām un to atkārtošanās biežuma palielināšanos, kā arī ar šo parādību izraisītajām sekām (Zbigniew et al., 2010). Līdz ar to ekstremālo parādību noteikšanai daudzviet pasaulē, arī Ziemeļeiropā, ir liela nozīme, turklāt plānošanas nolūkos svarīga ir arī to atkārtojamības raksturošana (Alexandersson et al., 2001). Turklāt līdz šim veiktās gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ekstremālo vērtību analīzēs konstatēts, ka ievērojamas ekstremālo parādību izmaiņu tendences var būt novērojamas pat gadījumos, kad vidējos statistikas rādītājos būtiskas izmaiņas netiek konstatētas (Lizuma, 2008), lai gan tieši šādas retas un ekstremālas meteoroloģiskās parādības ir saistītas ar lielākajām ietekmēm uz daudzveidīgām sociālām, ekonomiskām un dabiskām norisēm (Schliep et al., 2010).

Līdztekus globālai gaisa temperatūras vērtību paaugstināšanās tendencei, globālā mērogā kopš 20. gadsimta vidus 74% sauszemes teritorijas ievērojami samazinājies auksto nakšu un palielinājies silto nakšu skaits (Trenberth et al., 2007). Tāpat pēdējo 50 gadu laikā novērotas arī citas plaši izplatītas ekstremālo gaisa temperatūru izmaiņas: aukstas dienas, kā arī dienas ar gaisa temperatūru zem 0°C atzīmes kļuvušas retākas, savukārt karstas dienas un karstuma viļņi novērojami biežāk. Arī lielākajā daļā Eiropas reģionu piezemes gaisa temperatūra 20. gadsimta laikā ir paaugstinājusies (Klein Tank, 2004), un arī Baltijas valstīs ilggadīgajā laika periodā novērota gaisa temperatūras vidējo, minimālo un maksimālo vērtību paaugstināšanās, kas izraisījusi arī aukstuma ekstrēmu skaita samazināšanos un karstuma ekstrēmu skaita palielināšanos (Kažys et al., 2011; Avotniece et al., 2010). Tomēr, salīdzinājumā ar globālo temperatūras paaugstināšanās raksturu, būtiskākās pārmaiņas Eiropā notikušas tieši gadsimta pēdējā ceturkšņa laikā (Klein Tank, 2004). Īpaši karstu nakšu, kā arī karstuma viļņu biežuma palielināšanos visdrīzāk izraisījusi antropogēnā ietekme, un uz reģionāliem un globāliem klimata modeļiem balstīti aprēķini rāda, ka ekstremālu gaisa temperatūras vērtību atkārtojamības palielināšanās tendence 21. gadsimta laikā varētu turpināties un pat kļūt izteiktāka (Fischer and Schär, 2009).

Ekstremāli atmosfēras nokrišņi var postoši iedarboties uz sabiedrību un infrastruktūrām, tādēļ ir nepieciešams apzināt un pētīt to ilggadīgo intensitātes izmaiņu raksturu (Mason et al., 2004). Stipru nokrišņu atkārtšanās tendences gan Amerikas Savienotajās Valstīs, gan citviet pasaulē liecina, ka 20. gadsimtā pieaudzis dienu skaits ar stipriem atmosfēras nokrišņiem. Lielākajā daļā valstu, kur novērota ievērojama mēneša vai sezonālā nokrišņu daudzuma palielināšanās vai samazināšanās, vienlaikus konstatējamās arī izmaiņas nokrišņu daudzumā, kas izkrīt stipru un ļoti stipru nokrišņu gadījumā (Easterling et al., 2000). Turklāt atmosfēras nokrišņu izmaiņu tendences ir pakļautas arī reģionālām variācijām (Alexander et al., 2007). Eiropā pozitīva ekstremālu atmosfēras nokrišņu pieauguma tendence vērojama galvenokārt meteoroloģisko novērojumu stacijās, kur palielinās arī gada nokrišņu daudzums, bet negatīva – stacijās, kas atrodas apgabalos, kur vērojama pasausināšanās. Mēreni mitro, ļoti mitro dienu skaita, kā arī citu ekstremālu atmosfēras nokrišņu indeksu vērtību telpiskā saskaņotība ir daudz mazāka nekā ekstremālo gaisa temperatūru vērtību saskaņotība. Novērojumu stacijās, kas izkaisītas pa visu Eiropu, pozitīvas un negatīvas tendences vērojamas pat ļoti nelielos attālumos viena no otras, kas skaidrojams ar parasti lielo lokālo stipru nokrišņu gradientu (Klein Tank, 2004). Kopumā stipru nokrišņu gadījumu skaits ziemas periodā palielinās Eiropas centrālajā un ziemeļu daļā, turpretī dienvidu daļā tas samazinās, savukārt stipru vasaras nokrišņu gadījumu skaits palielinās Eiropas ziemeļaustrumos, bet samazinās dienvidos (Beniston et al., 2007).

Līdzšinējie pētījumi liecina, ka Baltijas jūras sateces baseinā nokrišņu daudzums palielinājies par 8,24 mm/dekādē, turklāt vislielākie nokrišņu daudzuma mainības apmēri Eiropā – līdz pat 20,62% no 1961.-1990. gada dekādes vidējā – konstatēti tieši Baltijas valstīs (Bhend and Storch, 2007).

#### **1.4. Klimata pārmaiņu ietekmes**

Izmaiņas klimatā lielā mērā ir saistītas ar pastāvošajām izmaiņām vidē, tajā skaitā okeānā, veģetācijas raksturā, ledus apstākļos, Saules aktivitātē, kā arī atmosfēras sastāvā ar lielāko uzsvāru uz siltumnīcefekta gāzu un aerosolu koncentrāciju (The BACC II Author Team, 2015). Mūsdienās siltumnīcefekta gāzu koncentrācija, salīdzinot ar pirmsindustriālo periodu, ir ievērojami pieaugusi: oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) pieaugums ir 40%, metāna (CH<sub>4</sub>) 150% un slāpekļa dioksīda (N<sub>2</sub>O) 20% (IPCC, 2014).

Reaģējot uz līdzšinējām klimata pārmaiņām, ir mainījušies daudzu sauszemes, saldūdens, jūru un okeānu sugu ģeogrāfiskie izplatības areāli, to sezonālo aktivitāšu raksturs, migrācijas paradumi, populācijas lielumi un sugu savstarpējās mijiedarbības īpatnības (IPCC, 2014b). Klimata pārmaiņu radītā ietekme uz dažādu lauksaimniecības kultūru ražām ir vērtējama kā lielākoties negatīva, tomēr daži pētījumi apstiprina arī pozitīvu ietekmi, kas vērojama vairākos lielo platumu grādu reģionos (IPCC, 2014b). Augstākas piezemes gaisa temperatūras un siltāks piekrastes ūdens Baltijas jūras reģionā ietekmē sauszemes un ūdens sugu migrāciju uz ziemeļiem, kas veicina ilgāku vairošanās periodu attīstību piekrastes faunā un florā. Bioloģiskā daudzveidība Baltijas jūras reģionā ir sevišķi jutīga pret izmaiņām ūdens sāļumā, kam var būt ķēdes veida reakcija uz izmaiņām barības ķēdes īpašībās un sauszemes un ūdens ekosistēmu savstarpējā mijiedarbībā (The BACC II Author Team, 2015). Savukārt, aplūkojot cilvēku vidējos veselības rādītājus kontekstā ar izmaiņām klimatā, jāmin, ka klimata pārmaiņām, salīdzinot ar citiem veselību ietekmējošajiem faktoriem, var piedēvēt vien nelielu ietekmi. Tomēr ir pierādīts, ka globālā mērogā ir palielinājusies mirstība, ko izraisa karstums, bet samazinājusies mirstība, kas saistīta ar aukstuma ietekmi. Vietām lokāla mēroga gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu izmaiņas ir palielinājušas ūdens kvalitātes izraisītu slimību apjomus un slimību pārnēsātāju izplatību (IPCC, 2014b).

Baltijas jūras sateces baseins veido bāzi dažādām cilvēku aktivitātēm, kuras klimata pārmaiņu dēļ var tikt ietekmētas vairākos veidos. Klimata pārmaiņu ietekme uz sociāli ekonomiskajiem procesiem un cilvēku darbībām Baltijas jūras reģionā aktuālajos pētījumos tiek izvērtēta gan starptautiskā, gan nacionālā līmenī. Var akcentēt ietekmes pētīšanu uz lauku

ainavu, lauksaimniecību un mežsaimniecību, kā arī urbānajām struktūrām to mikroklimate izpētes kontekstā un infrastruktūras pielāgošanai klimata pārmaiņām. Sevišķa ietekme uz urbānajām struktūrām klimata mainības kontekstā Baltijas jūras reģionā ir ūdens līmeņa izmaiņām. Izmaiņas nokrišņu raksturā, stipru nokrišņu atkārtotāšanās iespējamība, vējuzplūdos, kā arī strauja sniega kušana var radīt nopietnus apdraudējumus pilsētu infrastruktūrai teritorijas applūšanas gadījumos (The BACC II Author Team, 2015).

## 2. IZMANTOTIE DATI UN METODEDES

Projekta Nr. 4.3-23/EEZ/INP-001 “Priekšlikuma izstrāde Nacionālajai klimata pārmaiņu pielāgošanās stratēģijai, identificējot zinātniskos datus un pasākumus pielāgošanās klimata pārmaiņām nodrošināšanai, kā arī veicot ietekmju un izmaksu novērtējumu” ietvaros izstrādātā mūsdienu klimatisko apstākļu analīze veikta, izmantojot augstas kvalitātes piezemes meteoroloģisko novērojumu informāciju, kā arī pielietojot starptautiskajā praksē atzītas datu apstrādes un analīzes metodes.

### 2.1. Pētījumā izmantotā piezemes meteoroloģisko novērojumu informācija

Pētījumā izmantoti VSIA “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs” (turpmāk – LVĢMC) ikdienas meteoroloģisko novērojumu datu rindas par ikdienas gaisa temperatūru, atmosfēras nokrišņu daudzumu, vēja ātrumu un virzienu. Lai raksturotu gaisa temperatūru, pētījuma ietvaros izmantotas tās diennakts vidējās, maksimālās un minimālās vērtības, savukārt nokrišņu daudzuma raksturojumam izmantota informācija par katras diennakts kopējo nokrišņu daudzumu laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam. Vēja ātrumam raksturošanai izmantotas diennakts vidējā un maksimālā vēja ātruma vērtības, savukārt diennakts valdošā vēja virziena informācija iegūta, balstoties uz sinoptisko termiņu novērojumu datiem laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam. Pētījuma ietvaros analizēta piezemes novērojumu informācija par laika periodu no 1961. līdz 2010. gadam, savukārt vēja raksturlielumiem būtisku novērojumu veikšanas metodikas atšķirību dēļ izmantota īsāka datu rinda – no 1966. gada.

Lai iespējami pilnvērtīgi raksturotu analizēto meteoroloģisko parametru izplatību un tās lokālās iezīmes Latvijas teritorijā, darbā izmantota informācija no 49 Latvijas hidrometeoroloģisko novērojumu tīkla meteoroloģisko un hidroloģisko novērojumu stacijām (2.1. attēls). Vēsturiski pētījumā iekļautās novērojumu stacijas ir darbojušās pēc atšķirīgām novērojumu programmām, līdz ar to pētījumā analizētie meteoroloģiskie parametri un to novērojumu pārklājums nav reprezentēts ar visu 49 novērojumu staciju informāciju (2.1. tabula). Visplašākais teritoriālais pārklājums analizētajā laika periodā bijis atmosfēras nokrišņu informācijai, kas pieejama no kopumā 48 meteoroloģisko un hidroloģisko novērojumu stacijām. Savukārt reprezentatīvi gaisa temperatūras un vēja novērojumi vēsturiski tikuši veikti tikai meteoroloģisko novērojumu stacijās, un līdz ar to pētījumā iekļauto novērojumu staciju skaits ar pieejamām šos parametrus raksturojošām datu rindām nepārsniedz 22 novērojumu punktus.



2.1.attēls Pētījumā izmantoto Latvijas hidroloģisko un meteoroloģisko novērojumu staciju ģeogrāfiskais novietojums

2.1. tabula

Novērojumu stacijas, kurās pieejama vēsturiska gaisa temperatūru, atmosfēras nokrišņus un vēju raksturojoša novērojumu informācija pētījumā apskatītajā laika periodā

Gaisa temperatūra	Atmosfēras nokrišņu daudzums		Vēja ātrums un virziens
Ainaži	Ainaži	Pāvilosta	Ainaži
Alūksne	Alūksne	Piedruja	Alūksne
Bauska	Atašiene	Plaviņas	Bauska
Daugavpils	Bauska	Praviņi	Daugavpils
Dobeļe	Carnikava	Priekuļi	Dobeļe
Gulbene	Dagda	Rīga	Gulbene
Jelgava	Daugavpils	Rucava	Jelgava
Kolka	Dobeļe	Rūjiena	Kolka
Liepāja	Griškāni	Salacgrīva	Liepāja
Mērsrags	Gulbene	Saldus	Mērsrags
Pāvilosta	Jelgava	Sigulda	Pāvilosta
Priekuļi	Kalneciems	Sīļi	Priekuļi
Rēzekne	Kolka	Skrīveri	Rēzekne
Rīga	Krāslava	Skulte	Rīga
Rūjiena	Kuldīga	Stende	Rūjiena
Saldus	Lagaste	Vaiķuļāni	Saldus
Skrīveri	Lielpeči	Valmiera	Skrīveri
Skulte	Liepāja	Vārdava	Skulte
Stende	Limbaži	Velēna	Stende
Ventspils	Litene	Vendzava	Ventspils
Zīlāni	Lubāna	Ventspils	Zīlāni
Zosēni	Mežotne	Viļaka	Zosēni
	Mērsrags	Zīlāni	
	Nereta	Zosēni	

Pētījumā iekļautā meteoroloģisko novērojumu informācija pētījumu gaitā ir tikusi pakļauta kvalitātes kontrolei un statistiskai datu apstrādei, kas aprakstīta 2.2-2.6. nodaļās.

## 2.2. Novērojumu datu kvalitātes pārbaude

Pirms turpmākas padziļinātas datu statistiskās analīzes no ikdienas meteoroloģisko novērojumu datu bāzes CLIDATA ekstrahētajiem meteoroloģisko novērojumu datiem tika veikta vispusīga kvalitātes pārbaude. Kvalitātes pārbaude pamatā sastāvēja no trim komponentēm:

1. Manuāla meteoroloģisko novērojumu datu kvalitātes pārbaude, brāķējot un no turpmākas analīzes izslēdzot acīmredzami kļūdainas vai apšaubāmas meteoroloģisko parametru vērtības. Datu manuālā pārbaude tika veikta, balstoties uz LVĢMC meteoroloģijas un klimatoloģijas ekspertu ilggadīgo pieredzi un zināšanām, kā arī, apzinot iespējamās meteoroloģisko novērojumu veikšanas problēmas analizētajā laika periodā un iespējamās kļūdas, kas saistītas ar vēsturiskās informācijas migrāciju uz elektronisko datu bāzi.

2. Sākotnējās novērojumu datu kvalitātes pārbaudes gaitā tika konstatēts, ka laika periodā līdz pat 1976. gadam dažās meteoroloģisko novērojumu stacijās vēja ātruma novērojumi tika veikti ar vējrāža palīdzību, vēlāk pārejot uz novērojumiem ar anemorumbometru. Šādas metodikas izmaiņas pētījumā izmantotajā datu rindā radīja nehomogenitātes, kas ievērojami apgrūtināja korektu un reprezentatīvu turpmāko analīzi. Līdz ar to vēja ātruma novērojumu rindas tika homogenizētas, izmantojot pielīdzināšanas koeficientus (Пильникова, 1990).

3. Pēc datu interpolācijas veikšanas (2.4. nodaļa) papildus kvalitātes kontroles nolūkā iegūtās novērojumu datu matricas tika salīdzinātas ar visam Eiropas reģionam izstrādātām gridētajām meteoroloģisko novērojumu informācijas datu kopām E-OBS (Haylock et al., 2008).

Ilggadīgajā laika periodā novērojumu datu rindās tika konstatēti arī dažāda ilguma datu iztrūkumi, kuru klātbūtne var būtiski ietekmēt datu statistisko apstrādi, piemēram, mēnešu, sezonu un gadu vidējo vērtību aprēķinu. Līdz ar to, lai iegūtu reprezentatīvas vērtības periodiem, kas pārsniedz vienas diennakts robežas, statistiskie aprēķini tika veikti, ņemot vērā Pasaules Meteoroloģijas organizācijas rekomendācijas (WMO, 2011; WMO, 2008):

- Gaisa temperatūrai un vēja parametriem mēneša vidējās vērtības netika aprēķinātas gadījumos, kad mēneša ietvaros iztrūka vairāk par 10% no ikdienas novērojumu datiem, kā arī kad tika konstatēts vizmas piecu secīgu diennakts novērojumu iztrūkums.



- Diennakts valdošā vēja virziena informācija tika aprēķināta no termiņu novērojumu datiem tikai gadījumā, ja diennakts laikā netika konstatēts neviens iztrūkums ne vēja ātruma, ne vēja virziena novērojumos.

- Atmosfēras nokrišņu daudzums ir kumulatīvs parametrs, ko raksturo tā summārās, nevis vidējās vērtības. Līdz ar to šim parametram mēneša summārās vērtības netika rēķinātas arī gadījumos, kad iztrūka vismaz viena diennakts vērtība.

- Gada vidējās vērtības un gada summas netika aprēķinātas gadījumos, kad iztrūka vismaz viena mēneša vērtība.

- Ilggadīgos periodus, kā arī Latvijas teritoriju kopumā raksturojošās vērtības netika aprēķinātas gadījumos, kad iztrūka vairāk par 20% no datiem vai novērojumu staciju pārklājuma.

### 2.3. Klimatisko parametru ilggadīgo izmaiņu tendenču novērtēšana

Lai noteiktu meteoroloģisko parametru ilggadīgo izmaiņu tendences tika izmantots neparametriskais **Manna-Kendala tests** (Richard, 1987). Ar Manna-Kendala testa palīdzību tiek pārbaudīts, vai novērojumi ir nejauši sakārtoti laikā un tiem nav raksturīga tendence jeb trends, vai otrādi – datos ir novērojams vienmērīgi augošs vai dilstošs trends. Šis tests ļauj noteikt tendences esamību datu rindām, neatkarīgi no sākumsadalījuma, turklāt to relatīvi maz ietekmē iztrūkstošu vai anomālu vērtību – izlēcēju – klātbūtne datu rindā (Kokorīte, 2007). Manna-Kendala testa pamatā ir tā sauktais rangu jeb pāru princips, kad tiek salīdzinātas divas novērojumu vērtības: katrs rindas  $y_t$  ( $t=1, \dots, N$ )  $i$ -tais loceklis tiek salīdzināts ar tam sekojošo rindas  $y_t$  locekli  $y_{i'}$ ,  $i'=i+1, i+2, \dots, N$ , un tiek izveidota jauna rinda  $Y_i$ , kuras  $j$ -tais loceklis ir:

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ja } y_i < y_{i+j}, \\ 0, & \text{ja } y_i = y_{i+j}, \\ -1, & \text{ja } y_i > y_{i+j}. \end{cases}$$

Manna-Kendala testa statistikas vērtība  $S$  ir  $Y_i$  rindas locekļu summa:

$$S = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} Y_{ij}.$$

Testa statistika  $S$  parāda pozitīvo un negatīvo noviržu skaita starpību visiem noviržu pāriem. Ja  $N$  ir 9 vai mazāk, tad absolūtā statistikas  $S$  vērtība tiek salīdzināta ar  $S$  teorētisko sadalījumu, savukārt ja novērojumu skaits  $N$  ir vismaz 10, tad papildus tiek rēķināta statistikas  $S$  dispersija pēc formulas:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right],$$

kur  $q$  ir grupu skaits ar vienādām vērtībām ( $y_i=y_j, i \neq j$ ) un  $t_p$  ir elementu skaits katrā šādā grupā. Tad, lai aprēķinātu testa statistiku  $Z$ , tiek izmantotas statistikas  $S$  un tās dispersijas vērtības:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}}, & \text{ja } S > 0, \\ 0, & \text{ja } S = 0, \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}}, & \text{ja } S < 0. \end{cases}$$

Statistiskās tendences esamība tiek novērtēta ar  $Z$  vērtības palīdzību. Pozitīvas (negatīvas)  $Z$  vērtības liecina par augošu (dilstošu) trendu. Tā kā  $Z$  statistika ir standartnormāli sadalīta, tad, lai pārbaudītu hipotēzi par augšupejošu vai lejupējošu monotonu trendu pie nozīmības līmeņa  $\alpha$ ,  $Z$  vērtību salīdzina ar normālā sadalījuma  $1 - \alpha/2$  kvantili. Atkarībā no nozīmības līmeņa, pētījuma ietvaros  $Z$  statistikas vērtības tika iedalītas trijās nozīmīguma grupās:

- par vērā ņemamu izmaiņu tendenci raksturojošām (pie nozīmības līmeņa  $p=0,1$ ) uzskatāmas tādas Manna-Kendala testa vērtības, kas pozitīva trenda gadījumā ir  $\geq 1,6$  vai negatīva trenda gadījumā  $\leq -1,6$ ;
- par statistiski būtisku izmaiņu tendenci raksturojošām (pie nozīmības līmeņa  $p=0,01$ ) uzskatāmas tādas Manna-Kendala testa vērtības, kas pozitīva trenda gadījumā ir  $\geq 2,6$  vai negatīva trenda gadījumā  $\leq -2,6$ ;
- par statistiski ļoti būtisku izmaiņu tendenci raksturojošām (pie nozīmības līmeņa  $p=0,001$ ) uzskatāmas tādas Manna-Kendala testa vērtības, kas pozitīva trenda gadījumā ir  $\geq 3,3$  vai negatīva trenda gadījumā  $\leq -3,3$ .

Papildus meteoroloģisko parametru izmaiņu tendenču raksturošanai pētījumā tika izmantotas arī **lineārās regresijas** koeficienta vērtības, kas tika novērtētas mazāko kvadrātu metodes palīdzību (Wilks, 2006). Lineārās regresijas koeficienta vērtība raksturo vērtību izmaiņu vienā laika solī, un regresijas slīpuma koeficienta novērtējums ir:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2},$$

kur  $\bar{x}$  un  $\bar{y}$  ir  $X$  un  $Y$  izlašu vidējās vērtības.

Lai novērtētu piemeklētā modeļa atbilstību novērojumu datiem, tika izmantots determinācijas koeficients, kas raksturo atkarīgā mainīgā dispersijas daļu, kuru izskaidro izvēlētais modelis:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{RES}}{SS_{TOT}},$$

kur  $SS_{RES} = \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2$  – atlikumu kvadrātu summa, un  $SS_{TOT} = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$  – kopējā noviržu kvadrātu summa. Jo vairāk šī vērtība tuvojas 1, jo izvēlētais modelis labāk atbilst analizētajiem datiem.

## 2.4. Klimatisko parametru interpolācijas metodes

Ilggadīgs meteoroloģisko parametru monitorings, kas veikts meteoroloģisko novērojumu stacijās, nodrošina precīzas un reprezentatīvas informācijas pieejamību attiecīgajiem novērojumu punktiem, savukārt lai iegūtu meteoroloģisko parametru vērtības teritorijām, kas atrodas starp novērojumu stacijām, nepieciešams veikt novērojumu datu interpolāciju.

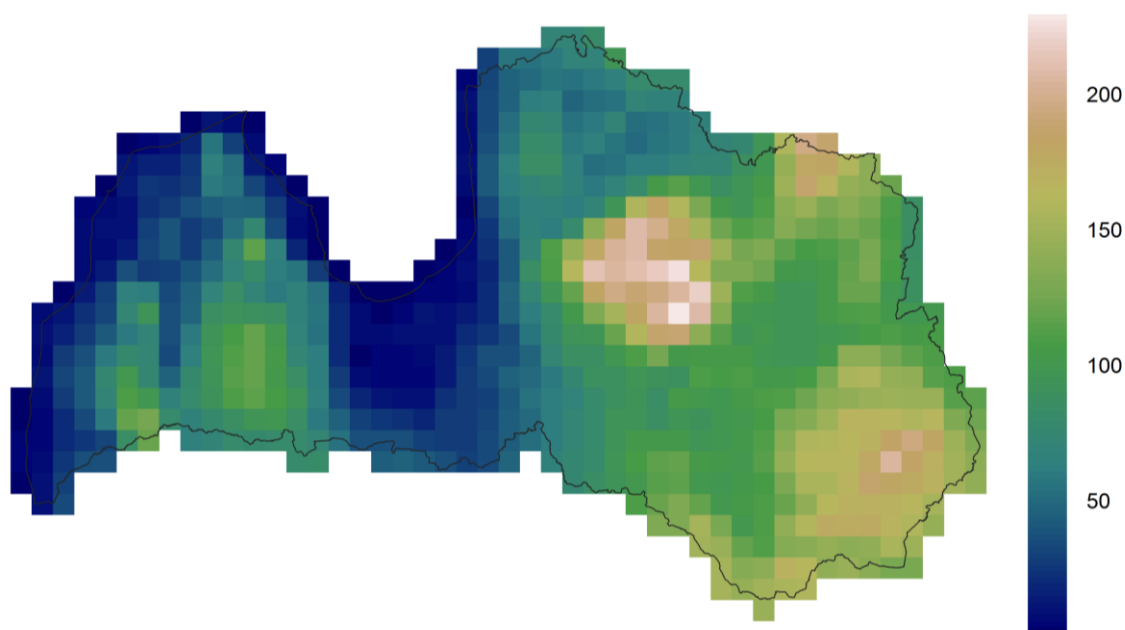
Analīzē iekļauta informācija par mēneša vidējās, maksimālās un minimālās gaisa temperatūras vērtībām, mēneša atmosfēras nokrišņu daudzumu, mēneša vidējo vēja ātrumu, maksimālo vēja brāzmu ātrumu, vēja virzienu pie maksimālā vēja ātruma, kā arī dominējošo vēja virzienu. Šie novērojumi (izņemot vēja virzienu) tika izmantoti arī kā sākuma dati šo parametru interpolācijai Latvijas teritorijai 10x10 kilometru režģim ar universālā kriginga (*Universal Kriging*) metodi, kas dažreiz tiek saukta arī par krigingu ar ārēju tendenci (*Kriging with external drift*) (Hengl, 2009). Šī metode balstās uz pieņēmumu, ka analizēto parametru jebkurā lauka punktā var izteikt kā divu locekļu – deterministiskā trenda (*tendences*) un stohastiskās komponentes – summu. Deterministiskais trends nosaka interpolētās vērtības īpatnības, parasti lineārās regresijas veidā. Tad, ja  $Z(s)$  – gadījuma lauks, kur  $Z$  – gadījuma lielums un  $s$  – indekss, un ir zināmas novērojumu vērtības vietās  $s$ , kas ir pieejamas ierobežotā skaitā, kriginga modelis novērtē-interpolē vērtības tādām vietām  $s_0$ , kur netika veikti novērojumi, izmantojot šādu pieņēmumu:

$$Z(s_0) = \hat{\beta}X(s_0) + \hat{\epsilon}(s_0),$$

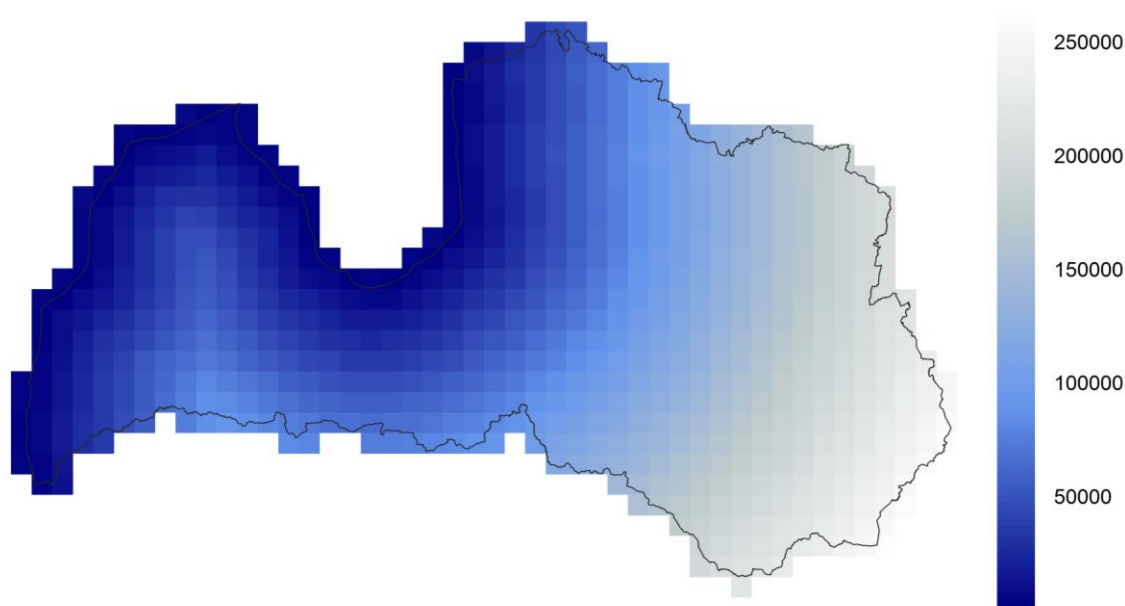
kur  $X(s_0)$  – telpiskās regresijas (*tendences*) parametri skaitā  $p$ ,  $\hat{\beta}$  – novērtētie regresijas parametri un  $\hat{\epsilon}(s_0)$  – atlikuma loceklis (Bivand et al., 2013). Papildus arī tiek uzstādīts nosacījums, ka gadījuma lielumu  $Z(s_0)$  var izteikt kā svērto kombināciju no novērotām vērtībām  $Z(s)$ .

Atbilstoši iepriekš aprakstītajai metodikai, lai veiktu novērojumu telpisko interpolāciju, balstoties uz lokāliem un reģionāliem ģeogrāfiskiem apstākļiem, par procesu izskaidrojošiem

parametriem tika izmantotas punkta ģeogrāfiskās koordinātas, augstums virs jūras līmeņa (2.2. attēls), kā arī vēja parametru interpolācijai papildus tika izmantots arī attālums no Baltijas jūras un Rīgas līča (2.3. attēls), savukārt gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu datu interpolācijai papildus tika izmantots kontinentalitātes indekss. Novērojumu datu interpolācijai tika izmantota R programmas *gstat* pakete (Pebesma and Graeler, 2016).

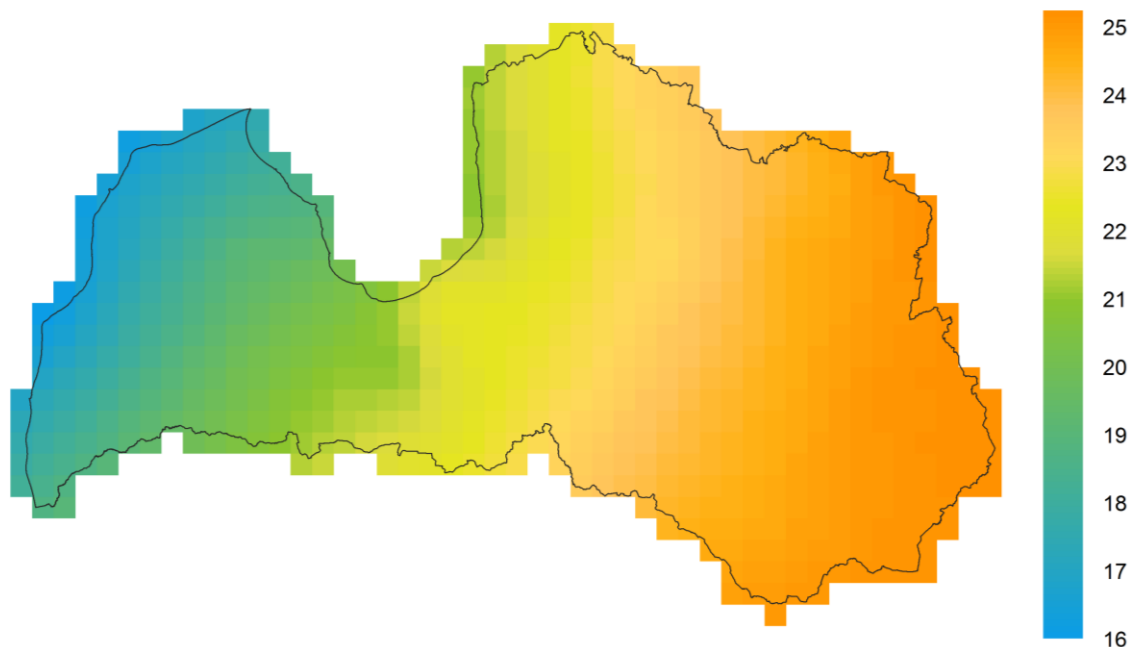


2.2.attēls Augstums virs jūras līmeņa, m



2.3.attēls Attālums no Baltijas jūras un Rīgas līča, m

Kontinentalitāte ir viens no pamata klimatiskos apstākļus raksturojošiem faktoriem, kas parāda vai kādas konkrētas teritorijas klimatiskos apstākļus vairāk ietekmē jūras vai sauszemes klimatiskie procesi. Lai raksturotu kontinentalitāti, pētījuma ietvaros tika izmantoti divi indeksi: Gorčinska un Gams indeksi.

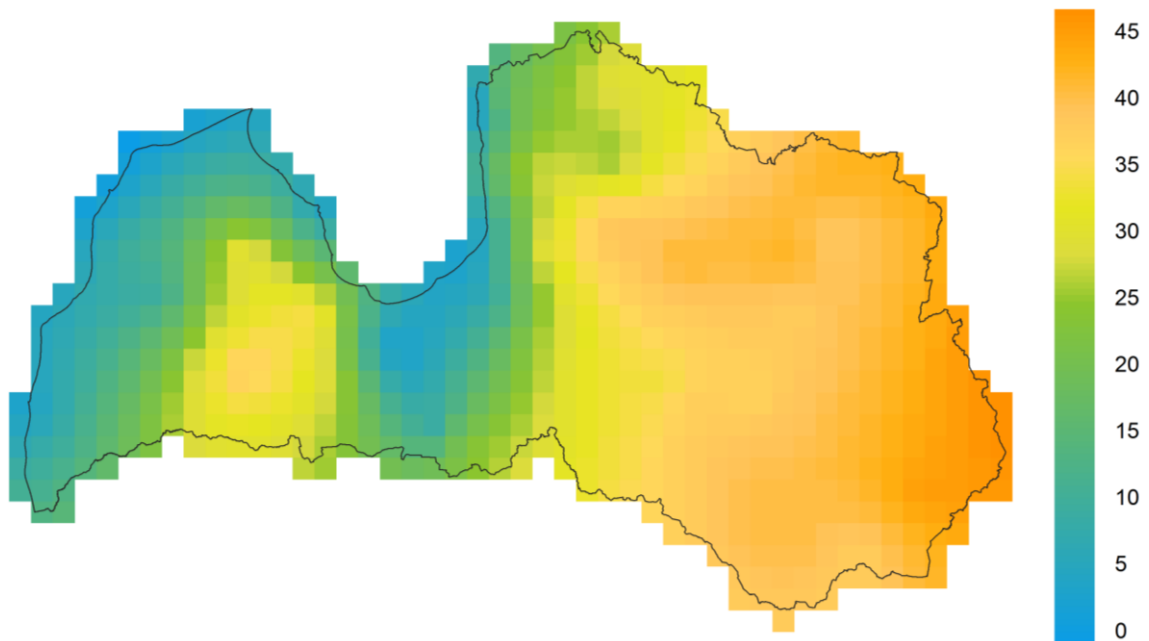


2.4.attēls Gorčinska kontinentalitātes indeksa vērtības

Ņemot vērā atkarību starp temperatūru un ģeogrāfisko platumu, Gorčinskis (Gorczyński, 1920) piedāvāja novērtēt reģiona kontinentalitāti (2.4. attēls), balstoties uz gaisa temperatūras amplitūdu vērtībām gada griezumā un konkrētās vietas ģeogrāfisko platumu:

$$k = 1,7 \frac{A}{\sin \phi} - 20,4$$

Augstāk attēlotajā formulā, kur iegūtās indeksa  $k$  vērtības ir norādītas procentos, kontinentalitāte ir lineāri atkarīga no ilggadīgas gaisa temperatūras amplitūdas  $A$  (starpība starp vidējo gaisa temperatūru siltākajā un aukstākajā gada mēnesī). Tomēr gaisa temperatūras amplitūda  $A$  ir atkarīga arī no saules radiācijas intensitātes, ko lielā mērā nosaka teritorijas ģeogrāfiskais platums – līdz ar to formulā ir iekļauta arī sinusa no ģeogrāfiskā platumā  $\phi$  inversā vērtība. Gorčinska piedāvātais kontinentalitātes indekss tika izmantots, veicot gaisa temperatūras vērtību interpolāciju.



2.5.attēls Gams kontinentalitātes indeksa vērtības

Lai raksturotu pluviālo jeb atmosfēras nokrišņu ģeogrāfisko izplatību ietekmējošo kontinentalitāti, tika izmantots Gams indekss (2.5. attēls), kas atbilst gada nokrišņu summas  $P$  un augstuma virs jūras līmeņa  $A$  attiecībai. Lai pielāgotu šo indeksu nelielām augstuma svārstībām tika izmantota Gams indeksa Mišalē korekcija (Michalet, 1991):

$$\alpha = \text{atcctg} \frac{P - \left( \frac{900 - A}{100} \cdot \frac{P}{10} \right)}{A}$$

Kontinentalitātes indeksu aprēķinam, izmantojot Latvijas meteoroloģisko novērojumu datus, tika izmantota R programmas pakete ClimClass (Eccel et al., 2015).

## 2.5. Pētījumā izmantotie klimata indeksi un to aprēķins

Lai raksturotu klimata pārmaiņu procesus un izvērtētu iespējamās klimata pārmaiņu ietekmes uz dažādiem saimnieciskajiem un ekonomiskajiem rādītājiem, 20. gadsimta deviņdesmito gadu sākumā tika izvirzīta nepieciešamība pēc viegli aprēķināmu un nākotnē ar klimata modeļu palīdzību prognozējamu klimata indeksu izstrādes (Easterling and Kates, 1995). Līdz ar to Klimata pārmaiņu un indeksu ekspertu grupa (ETCCDI - *The Expert Team on Climate Change Detection and Indices*) ir izstrādājusi klimatisko parādību indeksus (ECA&D, 2016), ar kuru palīdzību iespējams raksturot gan klimatiskos apstākļus un to mainību, gan arī gūt priekšstatu par klimata pārmaiņu iespējamajām ietekmēm uz sociālajiem un

ekonomiskajiem rādītājiem. Šie indeksi ir izveidoti, lai raksturotu gan klimatisko parādību vidējās, gan ekstremālās vērtības, kā arī, lai nodrošinātu pietiekami lielu ikgadējo datu apjomu, izveidoti tādi indeksi, kas nav unikāli klimatiski gadījumi, bet gan kuru atkārtotamības perioda ilgums ir vērtējams nedēļās (Klein Tank, 2004). Viena no pamata pieejām šo indeksu izstrādē ir dienu skaita gadā, kad tiek pārsniegta noteikta parametra robežvērtība, aprēķināšana. Šādi indeksi ir, piemēram, dienu skaits gadā ar stipriem un ļoti stipriem atmosfēras nokrišņiem. Daudzi indeksi ir balstīti arī uz procentīšu noteiktām vērtībām, kas raksturo ekstremālas parādības, bet, atšķirībā no īpaši retām parādībām ar ievērojamu ietekmi uz cilvēkiem un ekosistēmām, parasti tiek novērotas vismaz pāris reizes gadā. Ar šādu indeksu palīdzību var tikt monitorētas šo stresu izraisošu parādību biežuma izmaiņas. Lai noteiktu gan klimatisko parādību vidējo vērtību, gan arī ekstremālo notikumu līdzšinējo izplatību un izmaiņu tendences Latvijā, pētījumā tika izmantoti Klimata pārmaiņu un indeksu ekspertu grupas izstrādātie gaisa temperatūras, atmosfēras nokrišņu un vēja indeksi (2.2.-2.4. tabula).

2.2. tabula

**Pētījumā izmantotie gaisa temperatūru raksturojošie klimata indeksi**

Apzīmējums	Indeksa nosaukums	Skaidrojums	Mērvienība
FD	Sala dienas	Dienu skaits gadā, kad minimālā gaisa temperatūra $TN < 0^{\circ}C$	Dienu skaits
SU	Vasaras dienas	Dienu skaits gadā, kad maksimālā gaisa temperatūra $TX > +25^{\circ}C$	Dienu skaits
ID	Dienas bez atkušņa	Dienu skaits gadā, kad maksimālā gaisa temperatūra $TX < 0^{\circ}C$	Dienu skaits
TR	Tropiskās naktis	Dienu skaits gadā, kad minimālā gaisa temperatūra $TN > 20^{\circ}C$	Dienu skaits
GSL	Veģetācijas perioda ilgums	Dienu skaits gadā starp periodiem, kad pirmo un pēdējo reizi novērota diennakts vidējā gaisa temperatūra $TG \geq +5^{\circ}C$ vismaz sešas dienas pēc kārtas	Dienu skaits
TN10p	Vēsas naktis	Dienu īpatsvars gadā, kad diennakts minimālā gaisa temperatūra $TN < 10$ . procentīli	%
TX10p	Vēsas dienas	Dienu īpatsvars gadā, kad diennakts maksimālā gaisa temperatūra $TX < 10$ . procentīli	%
TG10p	Vēsas diennaktis	Dienu īpatsvars gadā, kad diennakts vidējā gaisa temperatūra $TG < 10$ . procentīli	%
TN90p	Siltas naktis	Dienu īpatsvars gadā, kad diennakts minimālā gaisa temperatūra $TN > 90$ . procentīli	%
TX90p	Siltas dienas	Dienu īpatsvars gadā, kad diennakts maksimālā gaisa temperatūra $TX > 90$ . procentīli	%

<b>Apzīmējums</b>	<b>Indeksa nosaukums</b>	<b>Skaidrojums</b>	<b>Mērvienība</b>
TG90p	Siltas diennaktis	Dienu īpatsvars gadā, kad diennakts vidējā gaisa temperatūra TG > 90. procentīli	%
TGn	Vidējās gaisa temperatūras minimālā vērtība	Minimālā diennakts vidējās gaisa temperatūras TG vērtība gada laikā	°C
TGx	Vidējās gaisa temperatūras maksimālā vērtība	Maksimālā diennakts vidējās gaisa temperatūras TG vērtība gada laikā	°C
TNn	Minimālās gaisa temperatūras minimālā vērtība	Minimālā diennakts minimālās gaisa temperatūras TN vērtība gada laikā	°C
TNx	Minimālās gaisa temperatūras maksimālā vērtība	Maksimālā diennakts minimālās gaisa temperatūras TN vērtība gada laikā	°C
TXn	Maksimālās gaisa temperatūras minimālā vērtība	Minimālā diennakts maksimālās gaisa temperatūras TX vērtība gada laikā	°C
TXx	Maksimālās gaisa temperatūras maksimālā vērtība	Maksimālā diennakts maksimālās gaisa temperatūras TX vērtība gada laikā	°C
WSDI	Karstuma viļņu ilguma indikators	Dienu skaits gadā, kad vismaz sešas dienas pēc kārtas diennakts maksimālā gaisa temperatūra TX > 90. procentīli	Dienu skaits
CSDI	Aukstuma viļņu ilguma indikators	Dienu skaits gadā, kad vismaz sešas dienas pēc kārtas diennakts minimālā gaisa temperatūra TN < 10. procentīli	Dienu skaits
DTR	Diennakts temperatūras diapazons	Gada vidējā starpība starp diennakts maksimālās TX un minimālās TN gaisa temperatūras vērtībām	°C



## Pētījumā izmantotie atmosfēras nokrišņus raksturojošie klimata indeksi

Apzīmējums	Indeksa nosaukums	Skaidrojums	Mērvienība
RX1day	Maksimālais diennakts nokrišņu daudzums	Maksimālais gada laikā novērotais 1 diennakts nokrišņu daudzums RR	mm
RX5day	Maksimālais piecu diennakšu nokrišņu daudzums	Maksimālais gada laikā novērotais 5 diennakšu nokrišņu daudzums	mm
SDII	Vienkāršots ikdienas nokrišņu intensitātes indekss	Gada kopējā nokrišņu daudzuma RR mitrās dienās (diennakts nokrišņu daudzums $\geq 1$ mm) attiecība pret mitro dienu skaitu gadā	mm/dienā
R10	Dienas ar stipriem nokrišņiem	Dienu skaits gadā, kad diennakts nokrišņu daudzums $RR \geq 10$ mm	Dienu skaits
R20	Dienas ar ļoti stipriem nokrišņiem	Dienu skaits gadā, kad diennakts nokrišņu daudzums $RR \geq 20$ mm	Dienu skaits
CDD	Nepārtraukta sausuma perioda ilgums	Maksimālais secīgu dienu skaits gadā, kad diennakts nokrišņu daudzums $RR < 1$ mm	Dienu skaits
CWD	Nepārtraukta nokrišņu perioda ilgums	Maksimālais secīgu dienu skaits gadā, kad diennakts nokrišņu daudzums $RR \geq 1$ mm	Dienu skaits
R95p	Ļoti mitras dienas	Kopējais nokrišņu daudzums gadā dienās, kad diennakts nokrišņu daudzums $RR > 95$ . procentīli	mm
R99p	Ekstremāli mitras dienas	Kopējais nokrišņu daudzums gadā dienās, kad diennakts nokrišņu daudzums $RR > 99$ . procentīli	mm
PRCPTOT	Gada kopējais nokrišņu daudzums mitrajās dienās	Kopējais nokrišņu daudzums gadā mitro dienu laikā (diennakts nokrišņu daudzums $RR \geq 1$ mm)	mm

Pētījumā izmantotie vēja ātrumu un virzienu raksturojošie klimata indeksi

Apzīmējums	Indeksa nosaukums	Skaidrojums	Mērvienība
FG	Gada vidējais vēja ātrums	Gada vidējā vērtība no diennakts vidējiem vēja ātrumiem F	m/s
FGCalm	Bezvēja dienas	Dienu skaits gadā, kad diennakts vidējais vēja ātrums $F \leq 2$ m/s	m/s
FG6Bft	Vētrainas dienas	Dienu skaits gadā, kad diennakts vidējais vēja ātrums $F \geq 10.8$ m/s	m/s
FXx	Maksimālās vēja brāzmas	Gada maksimālā vērtība no diennakts maksimālo vēja brāzmu vērtībām FX	m/s
DDnorth	Dienas ar dominējošiem ziemeļu virziena vējiem	Dienu skaits gadā, kad diennakts dominējošais vēja virziens DD atbilst 316-45°	Dienu skaits
DDsouth	Dienas ar dominējošiem dienvidu virziena vējiem	Dienu skaits gadā, kad diennakts dominējošais vēja virziens DD atbilst 136-225°	Dienu skaits
DDwest	Dienas ar dominējošiem rietumu virziena vējiem	Dienu skaits gadā, kad diennakts dominējošais vēja virziens DD atbilst 226-315°	Dienu skaits
DDeast	Dienas ar dominējošiem austrumu virziena vējiem	Dienu skaits gadā, kad diennakts dominējošais vēja virziens DD atbilst 46-135°	Dienu skaits
DMnorth	Dienas ar maksimālo vēja ātrumu pie ziemeļu virziena vējiem	Dienu skaits gadā, kad diennakts maksimālais vēja ātrums novērots pie vēja virziena DM 316-45°	Dienu skaits
DMsouth	Dienas ar maksimālo vēja ātrumu pie dienvidu virziena vējiem	Dienu skaits gadā, kad diennakts maksimālais vēja ātrums novērots pie vēja virziena DM 136-225°	Dienu skaits
DMwest	Dienas ar maksimālo vēja ātrumu pie rietumu virziena vējiem	Dienu skaits gadā, kad diennakts maksimālais vēja ātrums novērots pie vēja virziena DM 226-315°	Dienu skaits
DMeast	Dienas ar maksimālo vēja ātrumu pie austrumu virziena vējiem	Dienu skaits gadā, kad diennakts maksimālais vēja ātrums novērots pie vēja virziena DM 46-135°	Dienu skaits

Klimata indeksu vērtības tika aprēķinātas no diennakts (vēja virzienam termiņu) novērojumu datu rindām, izmantojot Klimata pārmaiņu un indeksu ekspertu grupas izstrādātās klimata indeksu definīcijas (ECA&D, 2016). Indeksu aprēķinam tika izmantota Kanādas

Meteoroloģiskā dienesta izstrādāta programmu RCLimDex, kas darbojas statistiskās programmas R vidē. Papildus indeksu aprēķinam, programma RCLimDex veic arī datu kvalitātes kontroli, kas nodrošina augstu rezultātu kvalitāti un ļauj izvairīties no iespējamām kļūdām, kas varētu rasties, veicot manuālu indeksu aprēķinu (Zhang and Yang, 2004).

## 2.6. Klimatisko parametru ekstremālo vērtību atgriešanās līmeņu un periodu aprēķins

Daudzas praktiskas problēmas klimatoloģijā ir saistītas ar ekstremāliem meteoroloģiskiem un hidroloģiskiem apstākļiem. Ekstremālas parādības neatkārtojas katru gadu, dažkārt pat norisinās tikai reizi desmitgadē vai vēl retāk, un šis apstākļis pat pastiprina to bīstamību, jo dabas katastrofas var piemeklēt iedzīvotājus nesagatavotus. Ekstremāli klimatiski notikumi ir ar nozīmīgu ietekmi gan uz dabiskām, gan antropogēnām sistēmām, līdz ar to ir svarīgi noskaidrot vai un kā klimata ekstrēmi mainās (WMO, 2011).

Dažādu ekstremālu meteoroloģisko parādību atgriešanās varbūtību aprēķināšana, balstoties uz ilggadīgajām novērojumu datu rindām, sniedz informāciju, kas var tikt izmantota teritoriju plānošanai, dažādiem inženiertehniskajiem risinājumiem, kā arī klimatisko apstākļu radītu risku novērtēšanai. Atgriešanās līmeņa (*return level*) aprēķinu veic ar statistiskās modelēšanas palīdzību. Šāda modelēšana parasti ietver sevī atbilstošā sadalījuma piemeklēšanu datiem. Viena no populārākām šādas analīzes metodēm ir bloku maksimumu metode (*block maxima method*), kas piemeklē sadalījumu gada maksimālajām novērotajām vērtībām. Savukārt otrā pieeja – maksimumu virs sliekšņa (*peak over threshold*) metode piemeklē sadalījumu visiem novērojumiem, kas pārsniedz noteikto vērtību sliekšni (WMO, 2011).

Lai analizētu gada maksimālās vērtības, izmanto Fišera-Tippeta- Gnedenko (Coles, 2001) teorēmu, kas nosaka, ka neatkarīgu un vienādi sadalītu gadījuma lielumu izlases bloku maksimumu sadalījums konverģē uz vienu no trim ekstremālo vērtību sadalījumiem, kas faktiski ir vispārinātā ekstremālo vērtību sadalījuma (*Generalized Extreme Value Distribution*) speciālie gadījumi ar sadalījuma funkciju:

$$G(x) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \xi \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{\frac{-1}{\xi}} \right\}, \xi \neq 0, \quad (1)$$

kur  $\xi$  – formas,  $\mu$  – lokācijas un  $\sigma$  – mēroga parametri.

Pozitīvām formas parametra  $\xi$  vērtībām, no (1) tiek iegūta Frešē sadalījuma saime, un līdzīgi negatīvām vērtībām – Veibula sadalījums. Gumbela sadalījums ir  $G(x)$  robeža, kad  $\xi \rightarrow 0$  ar sadalījuma funkciju:

$$G(x) = \exp \left\{ - \exp \left[ - \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right] \right\}.$$

Šī teorēma ir spēkā neatkarīgi no izlases sākuma sadalījuma  $F_X$ . Līdz ar to, lai varētu veikt statistiskus secinājumus par ekstremālām vērtībām, nepieciešams novērtēt vispārinātā ekstremālo vērtību sadalījuma veidu un parametrus  $(\xi, \mu, \sigma)$  dotajai izlasei, kā arī pārbaudīt, vai piemeklētais sadalījums atbilst datiem.

Ja  $G(x)$  ir maksimumu sadalījuma funkcija, atgriešanās līmeni  $x_T$  definē kā:

$$x_T = G_{\xi, \mu, \sigma}^{-1} \left( 1 - \frac{1}{T} \right). \quad (2)$$

Pielietojot vienādību (2) vispārinātajam ekstremālo vērtību sadalījumam, var iegūt novērtējumus gada maksimumu kvantīlēm:

$$x_T = \begin{cases} \mu - \frac{\sigma}{\xi} [1 - \{-\ln(1 - 1/T)\}^{-\xi}], & \text{ja } \xi \neq 0, \\ \mu - \sigma \ln\{-\ln(1 - 1/T)\}, & \text{ja } \xi = 0, \end{cases}$$

kur  $x_T$  ir atgriešanās līmenis kas saistīts ar atgriešanās periodu  $T$  un atbilst ekstremālās parādības raksturīgajai vērtībai, kas iespējama 1 reizi  $T$  gados.

Savukārt, ja ekstremālās parādības tiek modelētas ar maksimumu virs sliekšņa metodi, tad visām vērtībām, kas pārsniedz noteikto sliekšni tiek piemeklēts vispārinātais Pareto sadalījums. Pikanda, Balkema un de Hāns teorēma (Singh et al., 2013) nosaka, ka lielai sākumsadalījumu klasei  $F$ , ekscesu sadalījuma funkciju  $F_u$  pieaugošam sliekšnim  $u$  var aproksimēt ar vispārināto Pareto sadalījumu:

$$F_u(y) \approx H_{\xi, \sigma}(y), u \rightarrow \infty,$$

kur  $H_{\xi, \sigma}(y)$  – vispārinātais Pareto sadalījums, kas tiek definēts sekojoši:

$$H_{\xi, \sigma}(y) = \begin{cases} 1 - \left( 1 + \frac{\xi}{\sigma} y \right)^{-1/\xi}, & \text{ja } \xi \neq 0, \\ 1 - \exp\left(-\frac{y}{\sigma}\right), & \text{ja } \xi = 0, \end{cases}$$

ar  $y \in [0, x_F - u]$ , ja  $\xi \geq 0$ , un  $y \in [0, -\sigma/\xi]$ , ja  $\xi < 0$ .  $\xi$  sauc par formas parametru un  $\sigma$  ir mēroga parametrs vispārinātajam Pareto sadalījumam.

Analoģiski iepriekš aprakstītajai metodei, sākotnēji tiek novērtēti sadalījuma parametri, un tad aprēķināti atgriešanās līmeņi:

$$z_N = \begin{cases} u + \frac{\sigma}{\xi} \left[ (Nn_y \zeta_u)^\xi - 1 \right], & \text{ja } \xi \neq 0, \\ u + \sigma \ln(Nn_y \zeta_u), & \text{ja } \xi = 0, \end{cases}$$

kur  $z_N$  ir atgriešanās līmenis kas saistīts ar atgriešanās periodu  $N$  un atbilst ekstremālās parādības raksturīgai vērtībai, kas iespējama 1 reizi  $N$  gados,  $u$  – sliekšņa vērtība,  $\zeta_u$  – varbūtība, ka kāds individuāls novērojums pārsniegs sliekšni  $u$ .

Izmantojot ekstremālo vērtību, ekstremālas meteoroloģisko parametru vērtības iespējams raksturot divos veidos:

1. Atgriešanās līmeņa novērtējums. Atgriešanās līmenis ir atgriešanās apjoms vai lielums ārkārtējam notikumam, piemēram, kāda maksimālās gaisa temperatūras vērtība noteiktā vietā atkārtosies reizi 10 gados.

2. Atgriešanās perioda novērtējums. Šīs pieejas ietvaros tiek aprēķināts atgriešanās laiks konkrētam ekstremālam notikumam, piemēram, lai novērtētu, cik bieži (reizi cik gados) maksimālā gaisa temperatūra noteiktā vietā var sasniegt  $+35^{\circ}\text{C}$ .

Šī pētījuma ietvaros vispārinātais ekstremālo vērtību sadalījums tika piemeklēts gada maksimālajām un minimālajām gaisa temperatūras vērtībām, gada maksimālajām diennakts nokrišņu summām un gada maksimālajām vidējā vēja ātruma vērtībām ar atgriešanās periodiem reizi 100 gados. Savukārt vispārinātais Pareto sadalījums tika piemeklēts diennakts maksimālās gaisa temperatūras novērojumiem, kas pārsniedz  $+30^{\circ}\text{C}$  sliekšni, diennakts minimālās gaisa temperatūras novērojumiem zem  $-25^{\circ}\text{C}$ , diennakts nokrišņu summām virs 30 mm, un diennakts vidējam vēja ātrumam virs 8 m/s ar atgriešanās periodiem reizi 100 gados. Gaisa temperatūras un vēja ātruma datiem sadalījumu parametri tika novērtēti ar maksimālās ticamības metodes palīdzību (*maximum likelihood method*), savukārt atmosfēras nokrišņu laika rindām - ar L-momentu metodes palīdzību.

## 2.7. Pētījumā izmantotie globālo skaitlisko klimata modeļu dati

Pētījuma ietvaros nākotnes klimatisko apstākļu raksturošanai Latvijā laika periodā līdz 2100. gadam tika izmantoti skaitlisko klimata prognožu modeļu aprēķini, ko piedāvā Saistītās modeļu savstarpējās salīdzināšanas projekts (CMIP5 – *Coupled Model Intercomparison Project*). Šis ir jaunākais pieejamais pilnvērtīgais klimata modeļu ansamblis, kas izmantots arī Klimata pārmaiņu starpvaldību ekspertu grupas Piektā Novērtējuma ziņojuma ietvaros aprakstīto nākotnes klimata pārmaiņu scenāriju aprēķinam. Nākotnes klimata pārmaiņu projekcijas šo modeļu ietvaros tiek sniegtas trīs siltumnīcefekta gāzu koncentrāciju izmaiņu scenāriju apstākļiem, kas raksturo vidējas, mērenas un lielas klimata pārmaiņas. Pētījuma ietvaros apskatītie klimatiskie parametri ir diennakts vidējā, minimālā un maksimālā gaisa temperatūra, atmosfēras nokrišņu daudzums un vēja ātrums.

Uzsākot pētījumu, tika novērtēta 35 dažādu globālo klimata modeļu izmantošana klimata pārmaiņu scenāriju izstrādei Latvijas teritorijai, tomēr zinātniski pamatotu iemeslu (Luomaranta et al., 2014) dēļ septiņi modeļi no analīzes tika izslēgti. Galvenie iemesli šo modeļu izslēgšanai no analīzes bija to nespēja reproducēt pagātnes klimatiskos apstākļus Eiropā, ievērojami atšķirīgs gaisa temperatūras tendenču aprēķins instrumentālā perioda ietvaros vai arī starp dažādiem RCP klimata pārmaiņu scenārijiem savstarpēji nekonekvētu gaisa temperatūras vērtību aprēķinu rezultāti nākotnes laika periodā. Līdz ar to gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu projekciju aprēķinam klimata pārmaiņu scenāriju RCP 4,5 un RCP 8,5 apstākļos tika izmantoti 28 globālie klimata modeļi (Ruosteenoja et al., 2016). Pētījuma ietvaros tika aprēķināti arī RCP 2,6 scenārija iezīmētie nākotnes klimatiskie apstākļi, tomēr turpmākā analīzē šie aprēķinu rezultāti netika izmantoti. Pētījumā izmantotie 28 globālie klimata modeļi, kā arī to aprēķinos iekļautie klimatiskie parametri uzskaitīti 2.5. tabulā, bet plašāka informācija par šiem modeļiem pieejama arī Klimata pārmaiņu starpvaldību ekspertu grupas Piektā Novērtējuma ziņojuma 9. nodaļā (IPCC, 2014).

2.5. tabula

Pētījumā izmantotie globālie klimata modeļi un to raksturojums

Globālais klimata modelis	Izstrādātājvalsts	Paralēlo aprēķinu skaits gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu simulācijās dažādiem klimata pārmaiņu scenārijiem			Klimatiskie parametri
		RCP 2,6	RCP 4,5	RCP 8,5	
MIROC5	Japāna	3	3	3	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
MIROC-ESM	Japāna	1	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
MIROC-ESM-CHEM	Japāna	1	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
MRI-CGCM3	Japāna	1	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
BCC-CSM1-1	Ķīna	1	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
INMCM4	Krievija	-	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
NorESM1-M	Norvēģija	1	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi
NorESM1-ME	Norvēģija	1	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi
HadGEM2-ES	Apvienotā Karaliste	4	4	4	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums

Globālais klimata modelis	Izstrādātājvalsts	Paralēlo aprēķinu skaits gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu simulācijās dažādiem klimata pārmaiņu scenārijiem			Klimatiskie parametri
		RCP 2,6	RCP 4,5	RCP 8,5	
HadGEM2-CC	Apvienotā Karaliste	-	1	3	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
MPI-ESM-LR	Vācija	3	3	3	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
MPI-ESM-MR	Vācija	1	3	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
CNRM-CM5	Francija	1	1	5	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
IPSL-CM5A-LR	Francija	4	4	4	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
IPSL-CM5A-MR	Francija	1	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
CMCC-CM	Itālija	-	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
CMCC-CMS	Itālija	-	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
GFDL-CM3	ASV	1	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
GFDL-ESM2M	ASV	1	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
GISS-E2-R	ASV	1	5	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
GISS-E2-H	ASV	1	5	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
NCAR-CCSM4	ASV	5	6	6	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi
NCAR-CESM1-CAM5	ASV	3	3	3	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
NCAR-CESM1-BGC	ASV	-	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi
CanESM2	Kanāda	5	5	5	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
ACCESS1-0	Austrālija	-	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums
ACCESS1-3	Austrālija	-	1	1	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums

Globālais klimata modelis	Izstrādātājvalsts	Paralēlo aprēķinu skaits gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu simulācijās dažādiem klimata pārmaiņu scenārijiem			Klimatiskie parametri
		RCP 2,6	RCP 4,5	RCP 8,5	
EC-EARTH	Eiropa	2	6	6	Gaisa temperatūra Atmosfēras nokrišņi Vēja ātrums

Dažu globālo klimata modeļu aprēķini neiekļāva gaisa temperatūras minimālo un maksimālo, kā arī vēja ātruma raksturlielumus, kā arī atsevišķos modeļos tika novērotas problēmas ar atsevišķu klimatisko parametru aprēķinu – piemēram, abās IPSL modeļa versijās aprēķinātās diennakts gaisa temperatūras amplitūdas vērtības bija nereālistiski augstas, līdz ar to šie modeļi netika izmantoti minimālās un maksimālās gaisa temperatūras aprēķinam. Līdz ar to gaisa temperatūras diennakts gaita nākotnes klimata apstākļos tika novērtēta ar 25 globālo klimata modeļu palīdzību, savukārt vēja ātruma raksturojums tika iegūts no 24 globālo klimata modeļu aprēķiniem (Ruosteenoja et al., 2016).

Liela daļa pētījumā iekļauto klimata modeļu izmanto vairākus paralēlus aprēķinus klimatisko apstākļu raksturošanai pie dažādiem klimata pārmaiņu scenārijiem. Šie paralēlie aprēķini, kuru skaits atsevišķos globālajos modeļos sasniedz pat sešus, iekļauj līdzvērtīgus siltumnīcefekta gāzu un atmosfēras aerosolu koncentrācijas apstākļus, bet atšķirīgus sākotnējos aprēķina apstākļus. Paralēlu aprēķinu pieejamība ļauj novērtēt klimata sistēmas iekšējās mainības izraisītās nenoteiktības komponentes apmēru. Pētījumā iekļautie klimata pārmaiņu scenāriju aprēķinu rezultāti raksturo katra globālā klimata modeļa aprēķinātās gaisa temperatūras, atmosfēras nokrišņu un vēja ātruma vērtības, kas iegūtas vidējot paralēlo aprēķinu rezultātus. Savukārt datu korekcija Latvijas klimatiskajiem apstākļiem, kas izmantota ekstremālo klimatisko parādību aprēķinam nākotnes klimata apstākļos, tika veikta vienam katra modeļa aprēķinam (Ruosteenoja et al., 2016). Papildus tika veikta arī nākotnes klimata parametru vērtību izmaiņu nenoteiktības novērtēšana katra RCP klimata pārmaiņu scenārija apstākļos, pieņemot, ka tā sastāv no divām komponentēm: klimatisko apstākļu modelēšanas procesā iegūtās rezultātu nenoteiktības, kā arī klimatisko procesu iekšējās dabīgās mainības. Ruosteenoja et al. (2015) ir izstrādājis aprēķinu metodi, ar kuras palīdzību var iegūt kopējās nenoteiktības izmaiņas kā šo iepriekš aprakstīto komponentu summu, apskatot paralēlo aprēķinu vidējās izmaiņas un novirzes. Pēc kopējā projekcijas nenoteiktības standartnoviržu aprēķina tika aprēķināti izmaiņu 90% nenoteiktības intervāli, izmantojot normalitātes aproksimāciju (modeļu vidējās izmaiņas  $\pm 1,645$  simulēto izmaiņu standartnovirze).



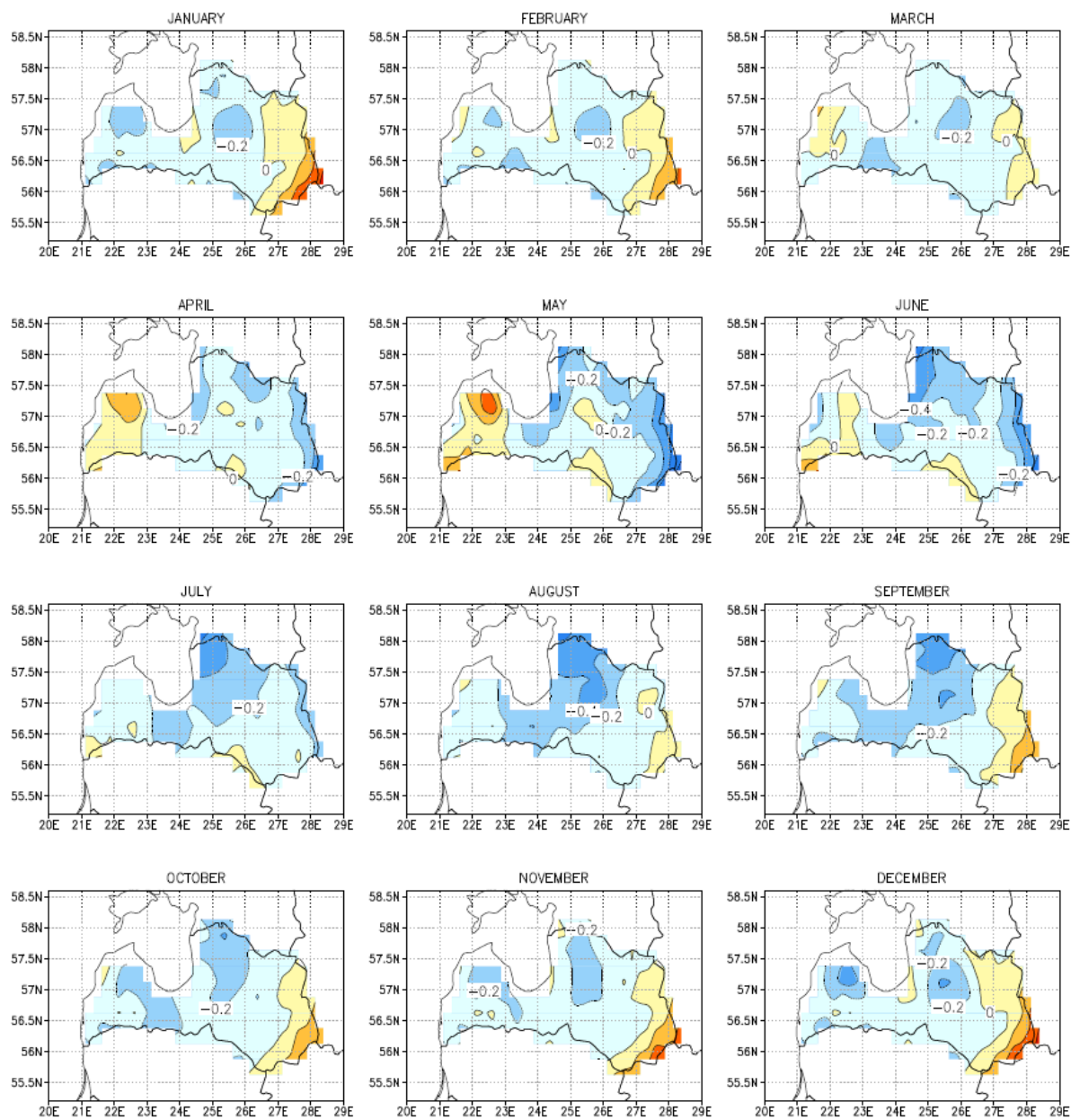
Izmantoto globālo klimata modeļu aprēķinu rezultāti ir pieejami ar dažādu telpisko izšķirtspēju, līdz ar to reprezentatīvu statistisko vērtību aprēķina nolūkā visu modeļu sniegtā informācija tika bilineāri interpolēta 2,5x2,5° taisnleņķa režģī. Arī pārklājums laika dažādiem modeļiem ir atšķirīgs – dažiem globālajiem klimata modeļiem aprēķinu beigu gads ir 2099. gads, līdz ar to projekcijas laika periodam no 2071. līdz 2100. gadam tika ekstrapolētas no 30 gadu vidējām vērtībām, kas raksturo laika periodus no 2069. līdz 2098. un no 2070. līdz 2099. gadam. Sākotnējā formā nākotnes klimata projekcijas aprēķinos tiek izteiktas kā klimatisko parametru vērtību izmaiņas attiecībā pret 1971.-2000. gada vērtībām. Veicot vidējo vērtību un to mainības aprēķinu starp visu globālo modeļu aprēķiniem, visiem 28 globālajiem klimata modeļiem tika izmantots vienāds svars, tomēr nepieļaujot vairāk par 2 vērtībām katram no globālo klimata modeļu izstrādātājiem. Līdz ar to MIROC-ESM, MIROC-ESM-CHEM, CESM1-CAM5 un CESM1-BGC globālo klimata modeļu aprēķiniem tika piemēroti uz pusi samazināta svara koeficienti (Ruosteenoja et al., 2016).

## **2.8. Klimata modeļu aprēķinu rezultātu pielāgošana Latvijas klimatiskajiem apstākļiem**

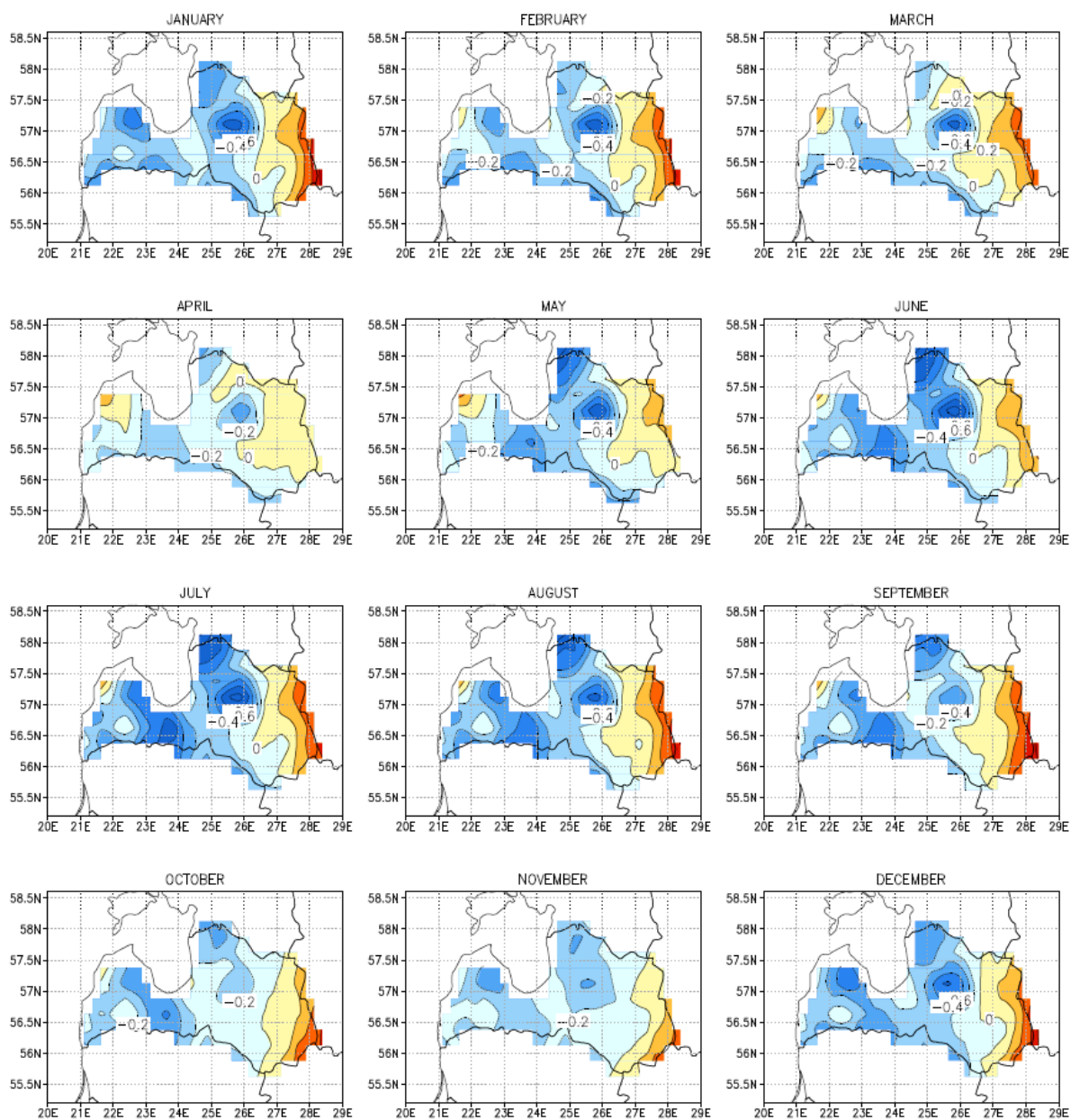
Veicot klimatisko apstākļu modelēšanu, līdzīgi kā modelējot atmosfēras apstākļus arī salīdzinoši nelielā laika periodā uz priekšu, skaitlisko prognožu modeļu uzbūves īpatnības un izšķirtspējas rada dažādi izteiktas modelēto meteoroloģisko parametru atšķirības no faktiski novērotajām. Piemēram, gaisa temperatūras vērtības simulētās vērtības no bāzes periodā faktiski novērotajām var atšķirties pat par pāris grādiem pēc Celsija (Ruosteenoja et al., 2015) un tādējādi būtiski ietekmēt tālākus aprēķinus, piemēram, klimata indeksu novērtēšanas nolūkā. Gadījumos, kad šīs atšķirības ir sistēmiskas, ir iespējams veikt to labošanu (*bias correction*), vēl vairāk pielāgojot iegūtās parametru vērtības lokālajiem klimatiskajiem apstākļiem. Šī pētījuma ietvaros tika veikta klimata modeļu aprēķinu rezultātu pielāgošana Latvijas klimatiskajiem apstākļiem, izmantojot ar Kriginga interpolācijas metodi 10 x 10 kilometru LKS92 režģī interpolētus ikdienas piezemes meteoroloģisko novērojumu datus laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam (gaisa temperatūrai un atmosfēras nokrišņiem) un no 1966. līdz 2010. gadam (vēja ātrumam). Datu korekcijai izmantotie piezemes meteoroloģisko novērojumu dati šī pētījuma ietvaros bija pieejami tikai no LVGMC meteoroloģisko novērojumu stacijām Latvijas teritorijā, savukārt kaimiņvalstu meteoroloģiskie novērojumi nebija pieejami un līdz ar to netika utilizēti datu korekcijā (Ruosteenoja et al., 2016).

Pirms klimata modeļu aprēķinu rezultātu korekcijas nepieciešams novērtēt izmantotās piezemes meteoroloģisko novērojumu datu interpolācijas metodes reprezentabilitāti un korektumu. Šim nolūkam interpolētie piezemes novērojumu dati tika salīdzināti ar citu plaši izmantotu gridēto meteoroloģisko novērojumu datu kopu (Ruosteenoja et al., 2016). Līdz ar to 2.6.-2.9. attēlā apkopots ar Kriginga metodes palīdzību interpolēto piezemes klimatisko parametru interpolācijas rezultātu salīdzinājums ar E-OBS 12.0 versijas sniegtajām Eiropas mērogā interpolētajām klimatisko parametru vērtībām (Haylock et al., 2008). E-OBS analīzes ir pieejamas 0,25 x 0,25 grādu izšķirtspējā, līdz ar to pirms salīdzinājuma veikšanas arī ar Kriginga interpolācijas metodi iegūtās vērtības tika pārinterpolētas attiecīgā režģa ietvaros.

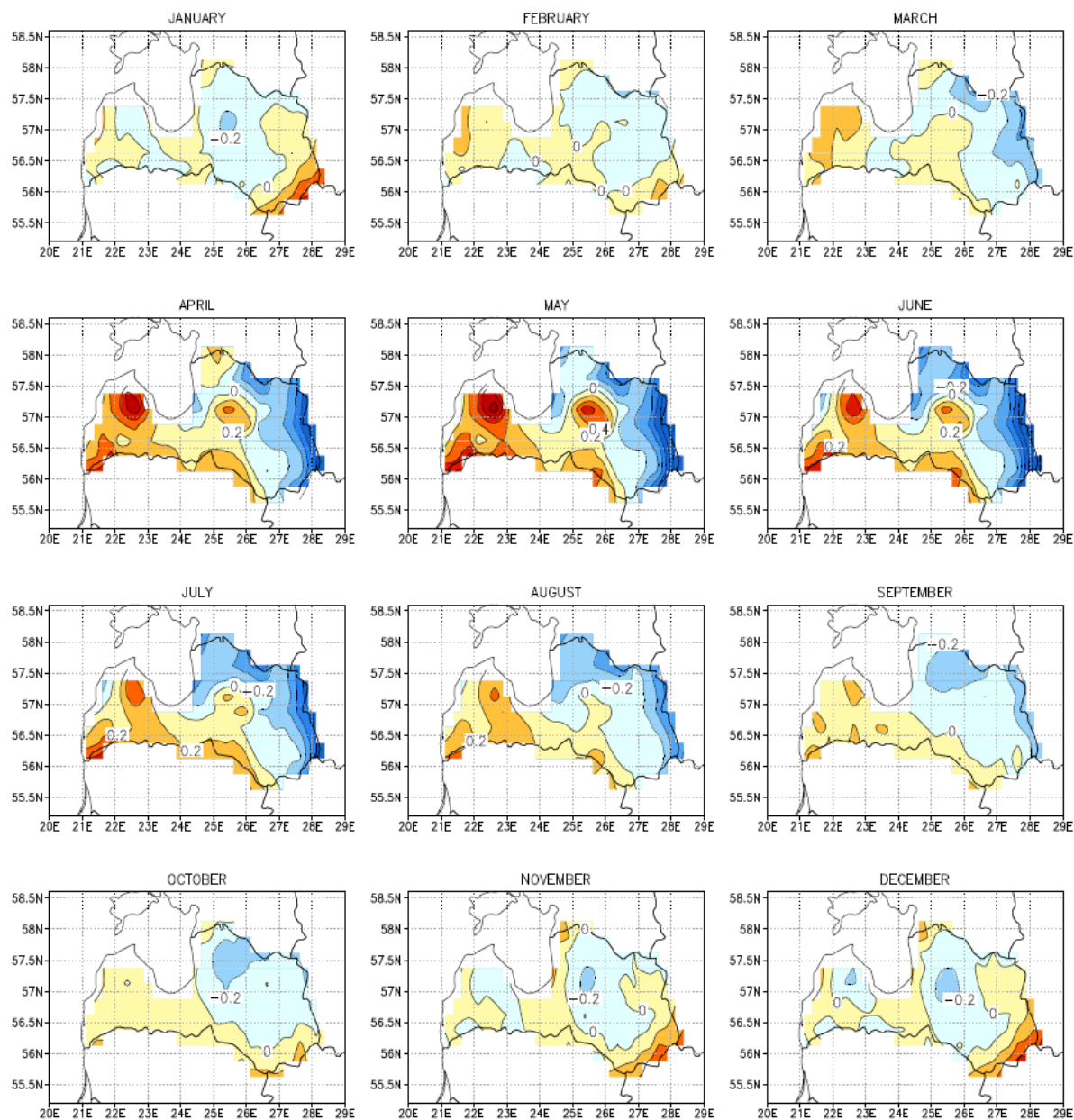
Mēneša vidējās gaisa temperatūras vērtību (2.6. attēls) atšķirības starp abām datu kopām ir nelielas un nepārsniedz 0-0,4°C. Lielākās datu kopu atšķirības vērojamas valsts dienvidaustrumu rajonos, Baltkrievijas pierobežā, īpaši ziemā un vēlā pavasarī, kā arī vasarā Rīgas līča austrumu piekrastē Igaunijas robežas tuvumā. Mēnešu minimālo (2.7. attēls) un maksimālo (2.8. attēls) gaisa temperatūru vērtībām apgabali ar ievērojamām datu kopu atšķirībām ir plašāki (Ruosteenoja et al., 2016).



**2.6. attēls** Atšķirības starp ar Kringinga metodi interpolēto un E-OBS mēneša vidējās gaisa temperatūras meteoroloģisko novērojumu datu kopu laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam (Ruosteenoja et al., 2016)



**2.7. attēls** Atšķirības starp ar Kriginga metodi interpolēto un E-OBS mēneša minimālās gaisa temperatūras meteoroloģisko novērojumu datu kopu laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam (Ruosteenoja et al., 2016)

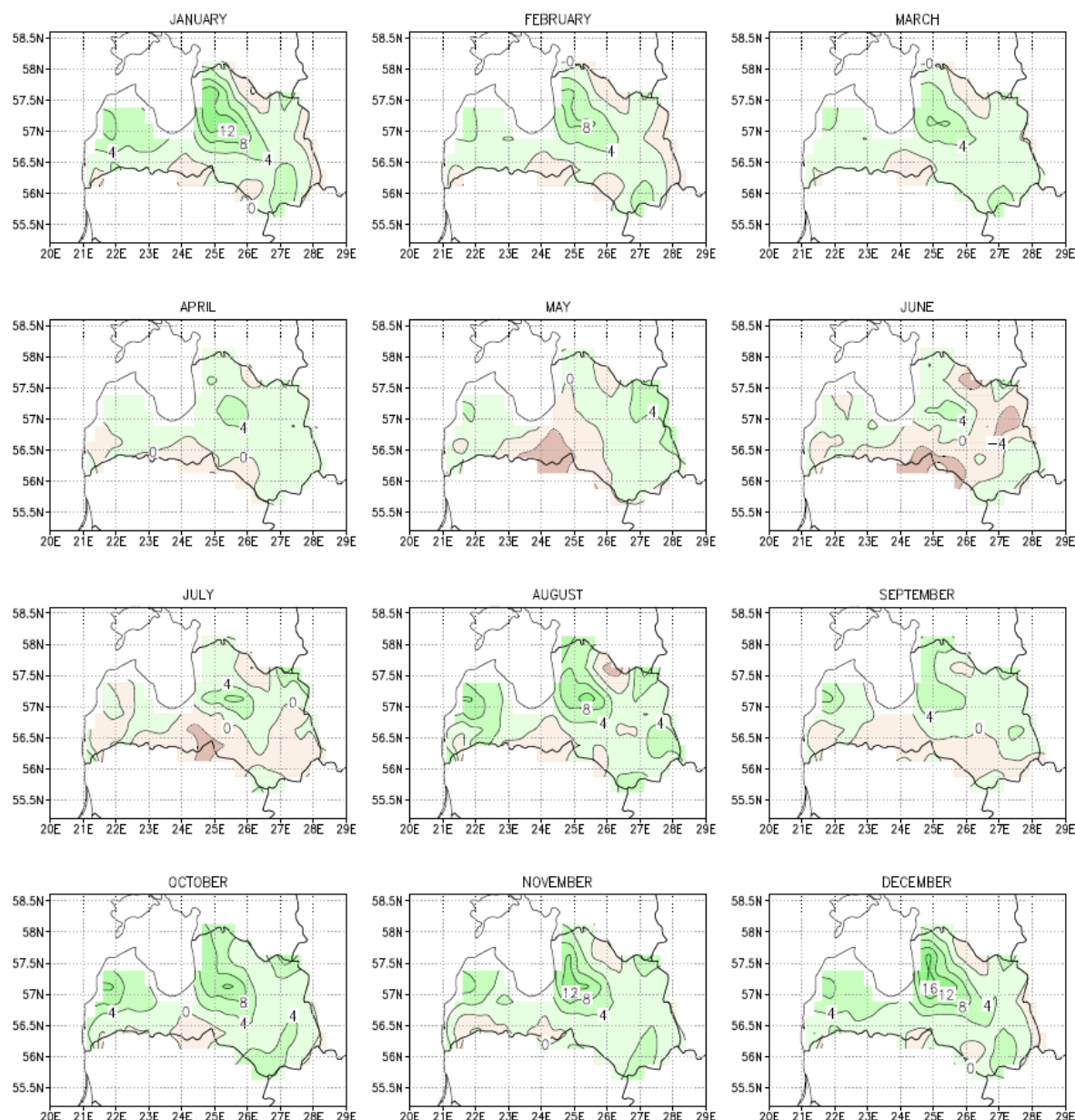


**2.8. attēls** Atšķirības starp ar Kriginga metodi interpolēto un E-OBS mēneša maksimālās gaisa temperatūras meteoroloģisko novērojumu datu kopu laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam (Ruosteenoja et al., 2016)

Ievērojamās novērojumu datu kopu atšķirības valsts austrumu pierobežā ir galvenokārt saistītas ar to, ka Kriginga interpolācijas metodes ietvaros netika izmantoti kaimiņvalstu meteoroloģisko novērojumu dati. Savukārt maksimālo un minimālo gaisa temperatūru vērtībās atšķirības starp abām novērojumu datu kopām iezīmē topogrāfijas radītas telpiskas atšķirības: piemēram, Vidzemes augstienes apkārtnē minimālās gaisa temperatūras vērtības ir zemākas, savukārt maksimālās gaisa temperatūras vērtības pavasarī un vasarā ir augstākas ar Kriginga metodi interpolētajā novērojumu datu kopā nekā E-OBS datu kopā. Šīs atšķirības varētu būt saistītas ar to, ka ar Kriginga metodi sagatavotā novērojumu datu kopa ietver ievērojami blīvāku piezemes meteoroloģisko novērojumu tīklu nekā E-OBS datu kopa, un līdz ar to sniedz

priekšstatu par lokālākām gaisa temperatūras izplatības iezīmēm – piemēram, E-OBS datu kopā nav ietverta meteoroloģisko novērojumu informācija no Zosēnu meteoroloģisko novērojumu stacijas, kas Latvijas mērogā ir vienīgā Vidzemes augstienes apkārtnes klimatiskos apstākļus pilnīgi raksturojošā novērojumu stacija (Ruosteenoja et al., 2016).

Atmosfēras nokrišņu daudzuma mēnešu vidējām vērtībām laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam atšķirības starp abām datu kopām ir būtiskas un sasniedz līdz 10 mm/mēnesī (2.9. attēls). Lielākajā apskatītā areāla daļā ar Kriginga metodi interpolētajai novērojumu datu kopai ir augstākas vērtības nekā E-OBS datu kopai. It īpaši augstas nokrišņu daudzuma vērtības ar Kriginga metodi interpolētā datu kopa uzrāda rudenī un ziemā apgabalā uz austrumiem-ziemeļaustrumiem no Rīgas (Ruosteenoja et al., 2016). Arī šīs atšķirības varētu būt saistītas ar ievērojami lielāko asimilēto piezemes meteoroloģisko novērojumu staciju skaitu Kriginga metodē, kā rezultātā arī interpolācijas rezultāts identificē lokālus atmosfēras nokrišņu maksimumus, kas varētu būt saistīti ar E-OBS datu kopā neiekļauto Limbažu un Siguldas meteoroloģisko novērojumu staciju mērījumiem. Atmosfēras nokrišņu interpolācijas metodes neuzrāda būtiskas atšķirības Latvijas pierobežā.



**2.9. attēls** Atšķirības starp ar Kriginga metodi interpolēto un E-OBS mēneša vidējā atmosfēras nokrišņu daudzuma meteoroloģisko novērojumu datu kopu laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam (Ruosteenoja et al., 2016)

E-OBS datu arhīvā nav iekļauta informācija par vēja ātruma novērojumiem, līdz ar to nebija iespējams veikt kvantitatīvu Kriginga interpolācijas metodes rezultātu novērtējumu. Tomēr arī interpolēto vēja ātruma vērtību izmantošanā nepieciešama piesardzība, īpaši analizējot vērtības valsts pierobežu reģionos (Ruosteenoja et al., 2016).

Pēc interpolēto meteoroloģisko novērojumu kvalitātes novērtēšanas tika veikta klimata modeļu aprēķinu rezultātu korekcija, kuras pamatā ir modeļu aprēķināto klimatisko parametru diennakts vērtību izmantošana gan bāzes, gan nākotnes periodam, bet, izmantojot interpolēto novērojumu datu kopu, pielāgot simulētās parametru datu rindas tādējādi novēršot sistēmisko modelēšanas kļūdu ietekmi uz modelēšanas rezultātā iegūtajām klimatisko parametru vērtībām.

Datu kopu atšķirību korekcijai var tikt izmantotas vairākas metodes (Räisänen and Rätty, 2013), bet šī pētījuma ietvaros izmantotā metode ir kvantīļu attēlošana (*quantile mapping*). Pielietojot šo metodi, globālo klimata modeļu simulētās klimatisko parametru vērtības tika sākotnēji ar bilineārās interpolācijas metodi pārinterpolētas 10 x 10 km režģī, un turpmāk katram režģa punktam un katram izmantotajam skaitliskajam klimata modelim tika konstruētas ikmēneša korekcijas funkcijas, kas balstītas uz attiecīgo parametru kvantīļu sadalījuma atšķirībām starp piezemes novērojumu datu kopām un modeļu aprēķinu rezultātiem. Kvantīles tika aprēķinātas, izmantojot kalibrācijas perioda (1966.-2010. gads) vērtības. Formāli novērotā ( $F_o$ ) un modelētā ( $F_c$ ) kumulatīvā sadalījuma funkcija tika izmantota, lai modelētās klimatisko datu laikrindas ( $s_i$ ) transformētu par koriģētajām ( $p_i$ ):

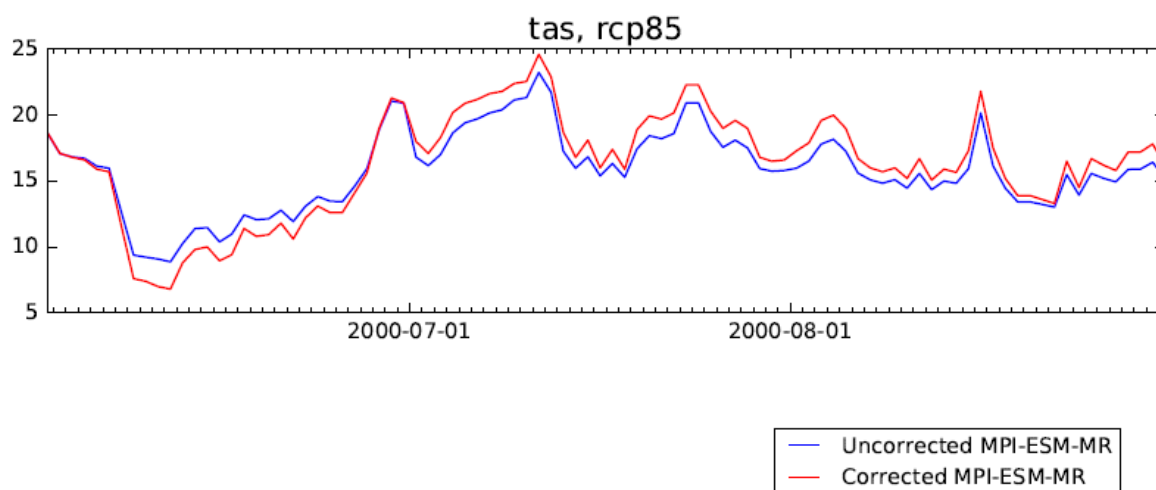
$$p_i = F_o^{-1}(F_c(s_i))$$

Korekcijas funkcijas par konkrēto mēnesi tika iegūtas, ekstrahējot arī papildus vērtības par 15 dienām pirms un pēc konkrētā mēneša – šādā veidā, izmantojot novērojumu datus par divus mēnešus ilgu laika periodu, tiek novērsta izlases nenoteiktība korekcijas funkciju aprēķinā (Räisänen and Rätty, 2013). Rezultātā katram klimatiskajam parametram tika iegūtas 1000 kvantīļu vērtības.

Lai veiktu atmosfēras nokrišņu simulēto vērtību korekciju, dienas, kurās novērotais atmosfēras nokrišņu daudzums ir mazāks par  $pr_{LIM,OBS}=0,1$  mm/dienā, tika definētas kā sausas dienas. Lai kalibrācijas perioda ietvaros modelēto sauso dienu skaits atbilstu novērotajām, klimata modeļu aprēķinu rezultātu datu kopai sausajām dienām katrā režģa punktā, mēnesī un izmantotajā klimata modelī tika definēta robežvērtība  $pr_{LIM,MOD}$ . Modelētās diennakts atmosfēras nokrišņu vērtības, kas bija zemākas par šo robežvērtību, tika aizstātas ar 0, un koriģētās atmosfēras nokrišņu summas tika aprēķinātas tikai mitrajām dienām jeb dienām, kad  $pr > pr_{LIM,MOD}$  (Ruosteenoja et al., 2016).

2.10. attēlā ilustrēts oriģinālās un koriģētās modelētās diennakts vidējās gaisa temperatūras laikrindas piemērs 2000. gada vasaras sezonai ģeogrāfiskā punktā, kas raksturots ar 57,1° Z. pl. un 24,6° A. gar. koordinātēm. Abās laikrindās novērojam līdzīga ikdienas gaisa temperatūras mainība, tomēr jūlijā un augustā šajā konkrētajā globālajā klimata modelī modelētās diennakts vidējās gaisa temperatūras ir zemākas par novērotajām, savukārt jūnijā – nedaudz augstākas un ar mazāku mainību nekā novērotās gaisa temperatūras vērtības. Koriģētajās laikrindās šādas sistēmiskas kļūdas ir novērstas.





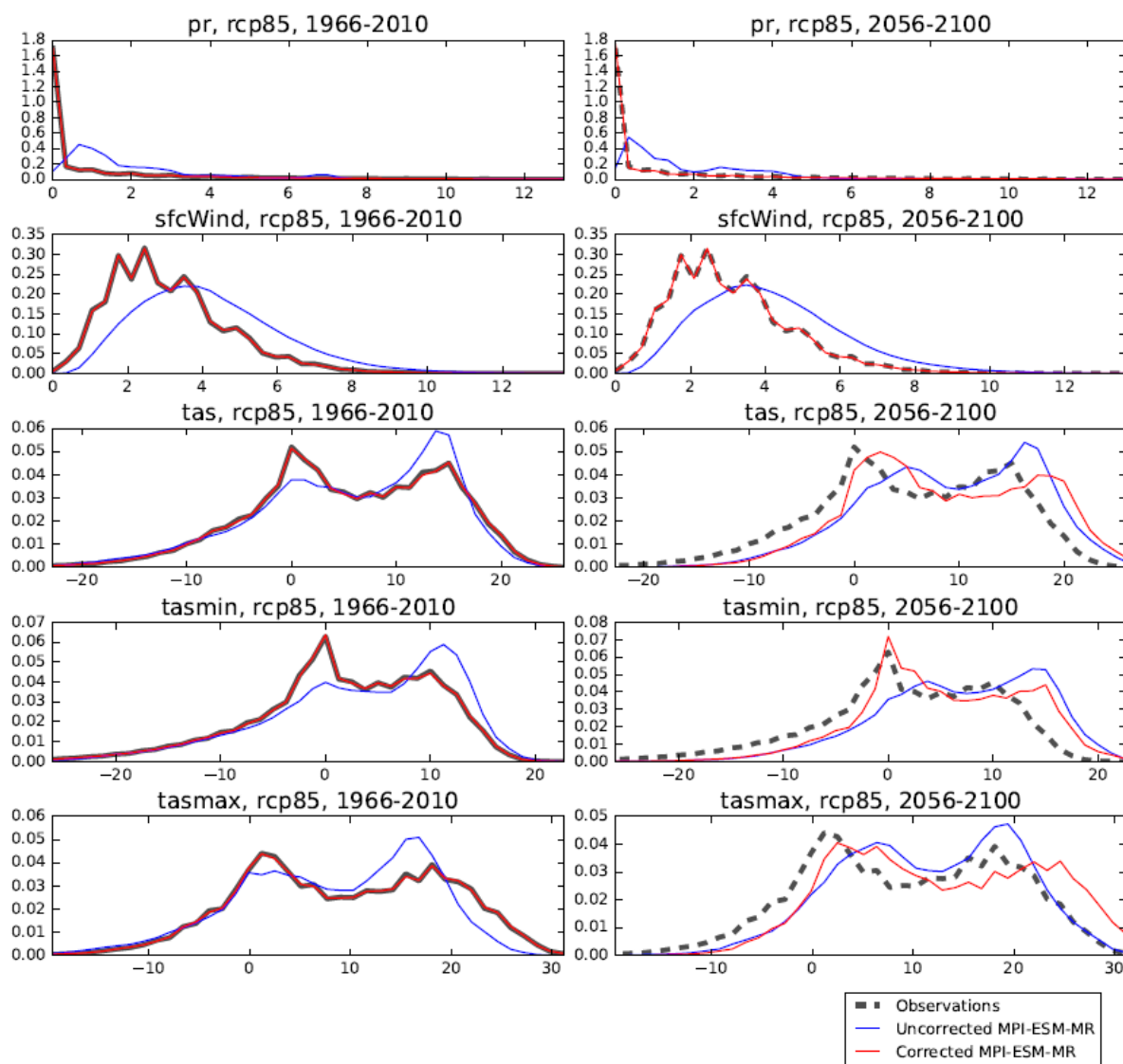
2.10. attēls MPI-ESM-MR globālā klimata modeļa simulētās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības 2000. gada vasarā (jūnijs-augusts) ģeogrāfiskā punktā, kas raksturots ar 57,1° Z. pl. un 24,6° A. gar. Koordinātēm (Ruosteenoja et al., 2016)

2.6. tabula

Globālie klimata modeļi, kuriem tika veikta datu korekcija, kā arī to aprēķinu rezultātā pieejamie klimatiskie parametri (Ruosteenoja et al., 2016)

Globālais klimata modelis	Klimatiskais parametrs			
	Vidējā gaisa temperatūra	Minimālā un maksimālā gaisa temperatūra	Atmosfēras nokrišņu daudzums	Vidējais vēja ātrums
MIROC	✓	✓	✓	
HadGEM2-ES	✓	✓	✓	✓
MPI-ESM-MR	✓	✓	✓	✓
CNRM-CM5	✓	✓	✓	
GFDL-CM3	✓	✓	✓	✓
NCAR-CCSM4	✓	✓	✓	
CanESM2	✓	✓	✓	

Datu korekcija tika veikta septiņiem augstas kvalitātes globālajiem klimata modeļiem (2.6. tabula), kas tika izvēlēti ar mērķi raksturot gan relatīvi nelielas, gan arī krāsas gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu izmaiņas. Diemžēl informācija par vēja ātrumu ir pieejama tikai no trijiem atlasītajiem globālajiem klimata modeļiem, toties visos septiņos modeļos ir pieejamas simulācijas par visiem trim pētījumā apskatītajiem klimata pārmaiņu scenārijiem (RCP 2,6, RCP 4,5 un RCP 8,5).



**2.11. attēls** Globālā klimata modeļa MPI-ESM-MR simulēto atmosfēras nokrišņu (pirmā rinda), vēja ātruma (otrā rinda) un diennakts vidējās, minimālās un maksimālās gaisa temperatūras (atbilstoši trešā līdz piektā rinda) vērtību sadalījums Latvijas teritorijā kalibrācijas periodā no 1966. līdz 2010. gadam (pirmā kolonna) un nākotnes laika periodā no 2056. līdz 2100. gadam (otrā kolonna) atbilstoši klimata pārmaiņu scenārijam RCP 8,5 (Ruosteenoja et al., 2016)

Koriģētās modelēto klimatisko apstākļu laikrindas aptver laika periodā no 1961. līdz 2100. gadam, un galvenā pielietotā korekcijas algoritma priekšrocība ir tas, ka parametru vērtību biežuma sadalījums korekcijas rezultātā tiek padarīts reālistiskāks. Piemēram, uz novērojumu datiem balstītajā gaisa temperatūras vērtību sadalījumā vērtības ap 0°C ir ievērojami biežākas nekā par to augstākas vai zemākas vērtības, un šī iezīme ir vairāk izteikta koriģētajās nekā nemodificētajās modelētajās laikrindās (2.11. attēls). Reprezentatīvs gaisa temperatūras vērtību sadalījums ir būtisks, piemēram, uz konkrētām gaisa temperatūras vērtībām balstītu indeksu (piemēram, sala dienu skaita) aprēķinam. Vēja ātrumam attiecīgais globālais klimata modelis nākotnes periodā simulē bezgalīgi mazas izmaiņas, līdz ar to arī

nākotnes periodā koriģēto vēja ātruma vērtību sadalījums ir gandrīz identisks kalibrācijas periodā novērotajam (Ruosteenoja et al., 2016).

Lai gan datu korekcijas laikā iegūti augstas kvalitātes rezultāti, arī kvantīļu kartēšanas metodei ir raksturīgas dažas vājās puses. Piemēram, globālo klimata modeļu simulētās parametru izmaiņas laikā korekcijas procesā netiek saglabātas nemainīgā apmērā. Līdz ar to, piemēram, pasiltināšanās var būt zināmā mērā vairāk vai mazāk izteikta koriģētajās laikrindās nekā oriģināli modelētajos datos. Šī problēma ir visvairāk izteikta piekrastes apgabalos, kur gan novērojumu informācijas interpolācijas ar Kringinga metodi, gan arī datu korekciju rezultātā pasiltināšanās apmēru relatīvās kļūdas var sasniegt aptuveni 20%. Attiecībā uz iegūto atmosfēras nokrišņu projekciju utilizāciju jāmin, ka koriģētajos datos novērojamas ievērojami ciešākas korelācijas starp blakus režģa punktu vērtībām nekā reāli novērotajos datos. Līdz ar to pielietojumu jomās, kas saistītas ar atmosfēras nokrišņu izplatības raksturu, piemēram, hidroloģiskajā modelēšanā, atsevišķos gadījumos var nākties saskarties ar problēmām pārvērtēta areāla kopējā nokrišņu daudzuma dēļ (Ruosteenoja et al., 2016). Tomēr, izmantojot atsevišķu režģa punktu vērtības, šāda veida problēmas netiek novērotas, un līdz ar to koriģētie dati ir uzskatāmi par piemērotiem izmantošanai vairumā lokālo ietekmju modeļu, piemēram, kultūraugu ražu un mežaudžu modeļos.

## **2.9. Klimata pārmaiņu scenāriju aprēķina rezultāti Latvijas teritorijai**

Klimata pārmaiņu scenāriju Latvijas teritorijai aprēķinu rezultātā tika iegūtas projekcijas par katru no pētījumā iekļautajiem klimata pārmaiņu scenārijiem kalendāro gadu un mēnešu griezumā. Iegūtā informācija ietver gan katra atsevišķā klimata modeļa aprēķinu rezultātus, gan arī visas 28 modeļu kopas ansambļa aprēķinu vidējās vērtības par secīgiem 30 gadu periodiem laikā no 1961. līdz 2100. gadam. Klimata pārmaiņu projekcijas par minētajiem laika periodiem sniedz informāciju par klimatisko parametru izmaiņām attiecībā pret 1971.-2000. gada perioda vidējo vērtību, kas gaisa temperatūrai izteikta grādos pēc Celsija skalas, savukārt atmosfēras nokrišņiem un vēja ātrumam - kā procentuāls izmaiņu lielums. Absolūtās modelētās parametru vērtības nākotnes laika periodos tika iegūtas, pielietojot delta-izmaiņu pieeju. Ar tās palīdzību gaisa temperatūras izmaiņu vērtībām pieskaitot 1970.-2000. g. perioda vidējās vērtības, tika iegūtas absolūtās gaisa temperatūras vērtības apskatītajos nākotnes laika periodos. Savukārt atmosfēras nokrišņu un vēja ātruma prognozēto absolūto vērtību iegūšanai aprēķinātās procentuālās izmaiņas tika reizinātas ar  $1+DP/100$ , kur DP - prognozētās procentuālās parametru izmaiņas. Lai reprezentatīvi novērtētu klimata pārmaiņu apmērus Latvijas teritorijā,

visiem pētījumā apskatītajiem parametriem tika aprēķinātas arī tos raksturojošās izmaiņas un vērtības attiecībā pret klimatiskās references perioda 1961.-1990. gada vērtībām.

Lai novērtētu nākotnes klimata pārmaiņu telpiskās izplatības raksturu Latvijas teritorijā, prognozētās parametru izmaiņas tika interpolētas 10 x 10 km LKS92 režģī, kā arī, lai novērtētu ekstremālo klimatisko parādību un klimata indeksu vērtību izmaiņas nākotnē, tika izveidota Latvijas klimatiskajiem apstākļiem pielāgotu projekciju aprēķinu rezultātu datu bāze (skatīt 2.8. nodaļu) ar diennakts laika soli. Latvijas teritorijas nelielā platība, kā arī salīdzinoši vienmērīgā topogrāfija (lielākajā valsts daļā augstums virs jūras līmeņa nepārsniedz 200 m) klimata pārmaiņu scenāriju aprēķinu rezultātos iezīmē telpiski vienmērīgas izmaiņas, ar ievērojami būtiskākām atšķirībām starp dažādu klimata modeļu aprēķiniem nekā dažādiem valsts reģioniem. Pētījuma gaitā iegūtie rezultāti sniedz iespēju:

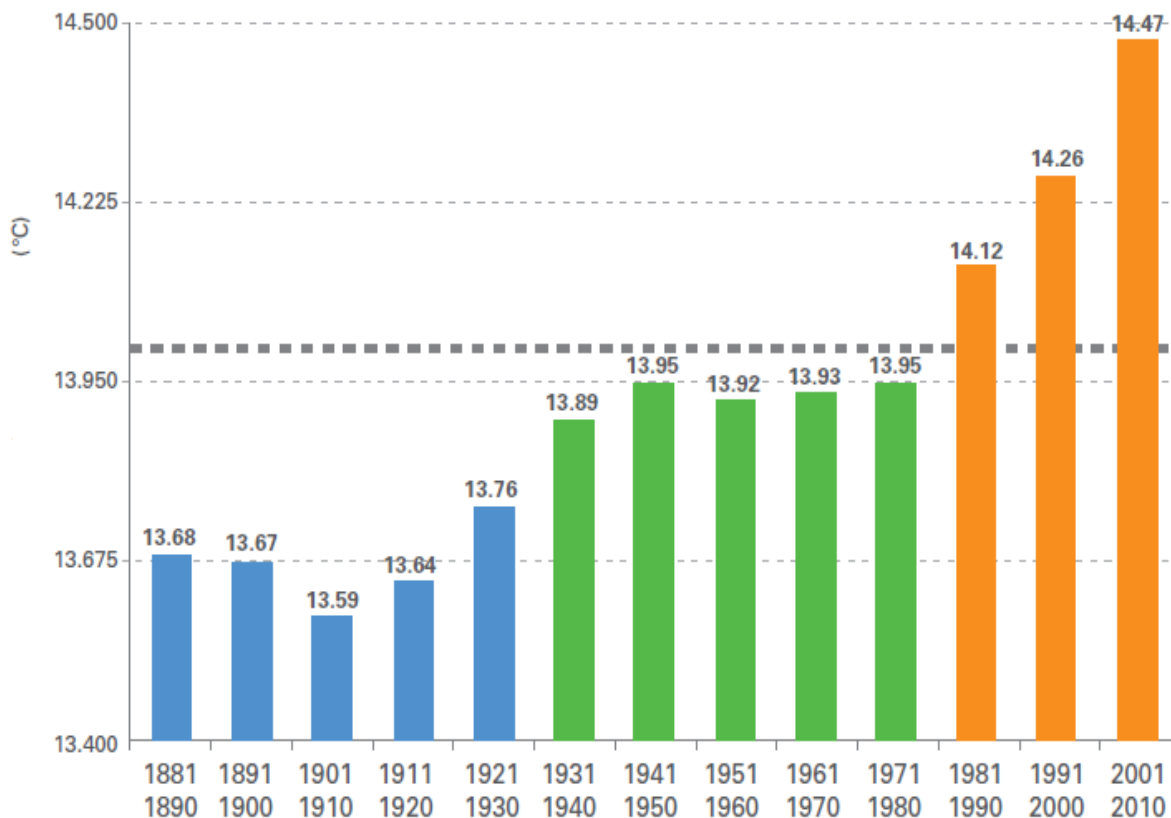
- Novērtēt gaisa temperatūras, atmosfēras nokrišņu un vēja ātruma izmaiņas Latvijā laika periodā līdz 2100. gadam, kā arī apzināt gaidāmo izmaiņu dinamiku;
- Novērtēt prognozēto pārmaiņu apmērus, salīdzinot dažādu klimata pārmaiņu scenāriju apstākļus, kur RCP 4.5 scenārija gadījumā siltumnīcefekta gāzu koncentrācijas turpina paaugstināties laika periodā līdz 2050. gadam, savukārt RCP 8.5 scenārija gadījumā tās turpina paaugstināties līdz pat šī gadsimta beigām;
- Novērtēt prognozēto izmaiņu apmērus, salīdzinot ar mūsdienu klimatiskajiem apstākļiem un līdz šim novērotajām klimatisko apstākļu pārmaiņām Latvijas teritorijā;
- Balstoties uz līdzšinējo un nākotnes klimata pārmaiņu analīzi, apzināt gaidāmo klimata pārmaiņu ietekmēm pakļautos reģionus un nozares;
- Apzināt ekstremālo klimatisko parādību dinamikas un intensitātes izmaiņas nākotnes laika periodā;
- Novērtēt dažādo skaitlisko klimata prognožu modeļu aprēķinu atšķirību radīto nenoteiktību, kā arī efektīvi izmantot šo informāciju klimata pārmaiņu risku novērtēšanā.
- Iegūt kompleksu skatījumu uz gaidāmajām klimata pārmaiņām atsevišķos Latvijas reģionos, lai izstrādātu adaptācijas un reģiona ilgtspējīgas attīstības programmas un plānus.

### 3. LĪDZŠINĒJĀS KLIMATA PĀRMAIŅAS LATVIJĀ

Klimata pārmaiņas nenoliedzami ir skārušas arī Latvijas teritoriju, tomēr to izpausmes un apmēri līdz šim nav apzināti lokālā mērogā. Projekta Nr. 4.3-23/EEZ/INP-001 "Priekšlikuma izstrāde Nacionālajai klimata pārmaiņu pielāgošanās stratēģijai, identificējot zinātniskos datus un pasākumus pielāgošanās klimata pārmaiņām nodrošināšanai, kā arī veicot ietekmju un izmaksu novērtējumu" ietvaros tika analizēta visa vēsturiski pieejamā piezemes meteoroloģiskā informācija, tādējādi nodrošinot augstu veiktās analīzes teritoriālo pārklājumu un izšķirtspēju, kas ir būtiska lokālu klimata pārmaiņu radīto risku identifikācijai.

#### 3.1. Gaisa temperatūra

Gaisa temperatūra ir klimata mainības indikators, kas visbiežāk tiek izmantots, lai raksturotu globālo klimata pārmaiņu procesus (Kļaviņš et al., 2008; Oliver and Hidore, 2002). 21. gadsimta pirmā dekāde ir bijusi siltākā kopš 1850. gada, kas tiek uzskatīts par aizsākumu mūsdienu gaisa temperatūras novērojumu veikšanai (3.1 attēls). Klimata pārmaiņu starpvaldību ekspertu grupas Piektajā Novērtējuma ziņojumā ir secināts, ka vairāk nekā puse novērotās piezemes gaisa temperatūras paaugstināšanās laika periodā no 1951. līdz 2010. gadam var tikt saistīta ar antropogēno ietekmi, sevišķi siltumnīcefekta gāzu koncentrācijas palielināšanos. Tieši siltumnīcefekta gāzu ietekmē vidējā globālā Zemes virsmas temperatūra ir paaugstinājusies robežās no 0,5 līdz 1,3°C, tomēr dažādu antropogēnās izcelsmes gāzu emisija atsevišķos gadījumos ir izraisījusi arī atdzišanas efektu robežās no -0,6 līdz 0,1°C. Savukārt dabisko faktoru un dabisko svārstību radītā ietekme ir robežās no -0,1 līdz 0,1°C. Apkopojot visus šos faktorus, laika periodā no 1951. gada līdz 2010. gadam vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās ir robežās no 0,6 līdz 0,7°C. Ir noskaidrots, ka kopš 20. gs. vidus cilvēku darbība var tikt saistīta arī ar novēroto diennakts gaisa temperatūru ekstrēmiem (atkārtošanās biežuma un intensitātes), kā arī cilvēku radītā ietekme atsevišķos reģionos ir dubultojusi karstuma viļņu iespējamību (IPCC, 2014). Ir pierādīts, ka laika periodā no 1986. līdz 2008. gadam izmaiņas saules starojumā nav ietekmējušas vidējo globālo virsmas temperatūru, savukārt saules 11 gadu cikls atsevišķās vietās izraisa vien svārstības temperatūrā dekādes griezumā (IPCC, 2014). Izplūdes gāzu emisijām atmosfērā turpinot palielināties vai saglabājoties esošajā apjomā, globālās klimata pārmaiņas turpinās attīstīties, un, lai ierobežotu klimata pārmaiņas gaisa temperatūras paaugstināšanās kontekstā, ir būtiski samazināt izplūdes gāzu emisijas apjomu atmosfērā (IPCC, 2014).



3.1.attēls. Dekāžu vidējā globālā gaisa temperatūra laika periodā no 1881. līdz 2010. gadam (WMO, 2013)

Vidējā globālā gaisa temperatūra 21. gadsimta pirmajā dekādē bija  $+14,47^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  robežās), kas ir par  $0,47^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  robežās) virs 1961.-1990. g. references perioda gaisa temperatūras vērtībām un par  $0,21^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  robežās) virs 1991.-2000. g. perioda vidējās gaisa temperatūras (WMO, 2013). Īpaši izteikta globāla gaisa temperatūras paaugstināšanās ir novērota četru dekāžu laikā, laika posmā no 1971. līdz 2010. gadam, kad katrā no dekādēm gaisa temperatūra paaugstinājās par vidēji  $0,17^{\circ}\text{C}/\text{dekādē}$ , kas ir satraucoši, jo vidējā dekādes gaisa temperatūras paaugstināšanās laika periodā no 1880. līdz 2010. gadam ir bijusi tikai  $0,062^{\circ}\text{C}/\text{dekādē}$  (WMO, 2013). Par arvien straujākām klimata pārmaiņām liecina arī tas, ka deviņi no 21. gadsimta pirmās dekādes gadiem ir bijuši starp 10 siltākajiem gadiem visā meteoroloģisko novērojumu vēsturē. Augstākā vidējā gaisa temperatūra līdz 2010. gadam virs sauszemes un okeāniem ir bijusi 2010. gadā, kad tā par  $0,54^{\circ}\text{C}$  pārsniegusi 1961.-1990. g. normu. Okeānu un jūru virsma sasilst ievērojami lēnāk nekā sauszemes virsma, jo liela daļa iegūtā siltuma tiek novirzīta ūdeņu dzelmē vai arī izzūd iztvaikošanas rezultātā. Līdz ar to augstākā vidējā gaisa temperatūra, kas fiksēta tikai virs sauszemes, novērota 2007. gadā ( $0,95^{\circ}\text{C}$  virs 1961.-1990. g. normas), savukārt augstākā virs okeāniem un jūrām novērotā vidējā gaisa temperatūra fiksēta 2003. gadā ( $0,4^{\circ}\text{C}$  virs 1961.-1990. g. normas). Arī Eiropas reģionā

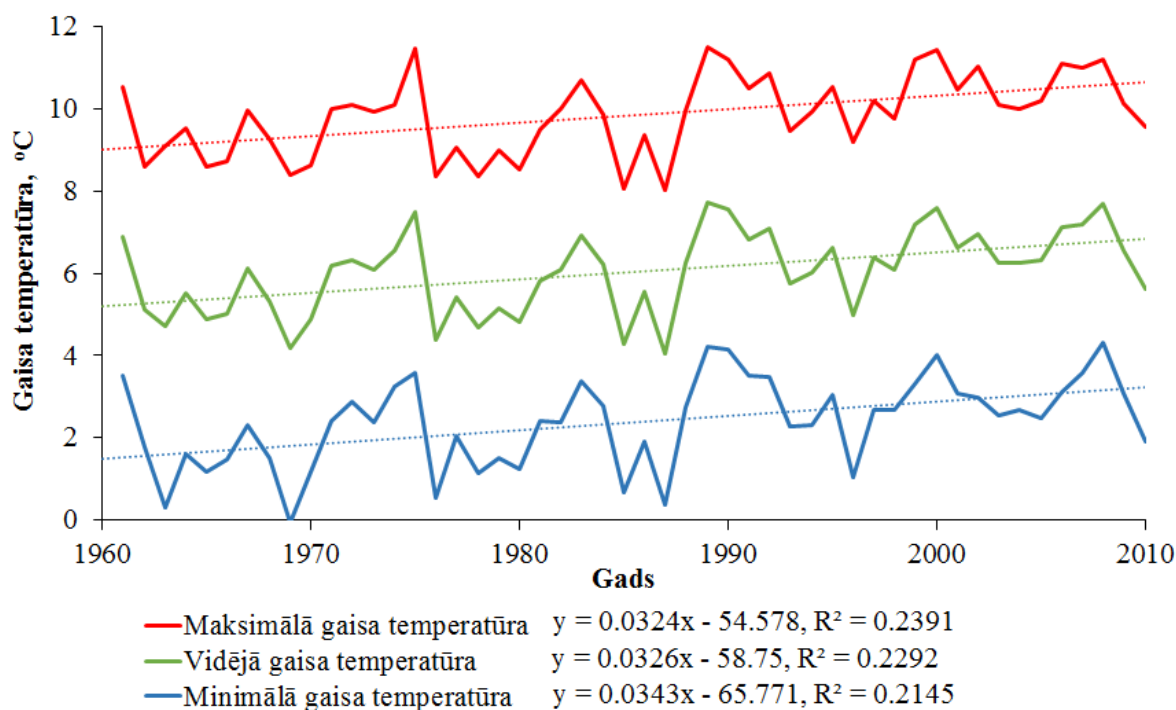
Šī gadsimta pirmā dekāde ir bijusi ievērojami siltāka par normu, un šajā periodā lielākajā daļā reģiona siltākais ir bijis 2007. gads (WMO, 2013).

Arī Baltijas jūras reģionā ir konstatētas izteiktas gaisa temperatūras paaugstināšanās tendences. Gada vidējās gaisa temperatūras izmaiņu tendences laika periodā no 1871. līdz 2011. gadam uzrāda paaugstināšanos par  $0,11^{\circ}\text{C}/\text{dekādē}$  apgabalos uz ziemeļiem no  $60^{\circ}$  ziemeļu platuma, savukārt uz dienvidiem no  $60^{\circ}$  Z platuma pasiltināšanās tendence ir nedaudz vājāk izteikta – par  $0,08^{\circ}\text{C}/\text{dekādē}$ . Izteiktākās gaisa temperatūras paaugstināšanās tendences novērotas pavasarī un ziemā, savukārt vasarā temperatūras izmaiņas ir visneizteiksmīgākās (The BACC Author Team, 2008). Tomēr nesenā periodā bijuši arī gadi ar atšķirīgām gaisa temperatūras iezīmēm – 2009./2010. un 2010./2011. gada ziemas reģionā bijuši salīdzinoši aukstas, savukārt pavasaros un vasarās pieturējies silts laiks (The BACC II Author Team, 2015). Teritoriāli visizteiktākās pasiltināšanās tendences reģionā laika periodā no 1970. līdz 2008. gadam novērotas rudenī un ziemā Botnijas līcī ( $+0,5$  līdz  $+0,6^{\circ}\text{C}/\text{dekādē}$ ), savukārt pavasarī un vasarā būtiskas izmaiņas konstatētas arī Baltijas jūras Centrālajā un Dienvidu daļā ( $+0,2$  līdz  $+0,3^{\circ}\text{C}/\text{dekādē}$ ). Igaunijā, Tartu dienu skaits ar sniega segu ziemas sezonā 20. gadsimtā ir samazinājies par 29 dienām, kamēr veģetācijas periods ir kļuvis par 13 dienām garāks, kas arīdzan raksturo gaisa temperatūras paaugstināšanās tendenci. Baltijas valstīs un Polijā ir konstatēts būtisks pieaugums silto dienu un nakšu skaitā, kā arī karstuma viļņu atkārtšanās gadījumos, tāpat pētījumos iegūti rezultāti par būtisku sala dienu skaita samazināšanos (The BACC II Author Team, 2015).

### ***3.1.1. Vidējo gaisa temperatūras rādītāju izmaiņas Latvijā***

Latvijā regulāri gaisa temperatūras novērojumi aizsākušies 1795. gadā, un līdzšinējie pētījumi liecina, ka gaisa temperatūras izmaiņu tendences Latvijā ilggadīgajā periodā norāda uz izteiktām pasiltināšanās iezīmēm. Laika periodā no 1851. līdz 2006. gadam vidējā gaisa temperatūra paaugstinājusies par  $1,4^{\circ}\text{C}$ , kamēr vidējā minimālā gaisa temperatūra paaugstinājusies par  $1,9^{\circ}\text{C}$ , bet vidējā maksimālā gaisa temperatūra par  $1,7^{\circ}\text{C}$  (Lizuma et al., 2007; Lizuma, 2008).

Šī pētījuma ietvaros analizēti ikdienas meteoroloģisko novērojumu dati no 22 meteoroloģisko novērojumu stacijām Latvijas teritorijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam. Lai pilnvērtīgi novērtētu gaisa temperatūras teritoriālo izplatību un sezonālās svārstības, tās raksturošanai izmantotas gaisa temperatūras diennakts vidējās, minimālās un maksimālās vērtības, kā arī lokālu izplatības iezīmju identifikācijas nolūkā, veikta šo raksturojošo parametru telpiska interpolācija.



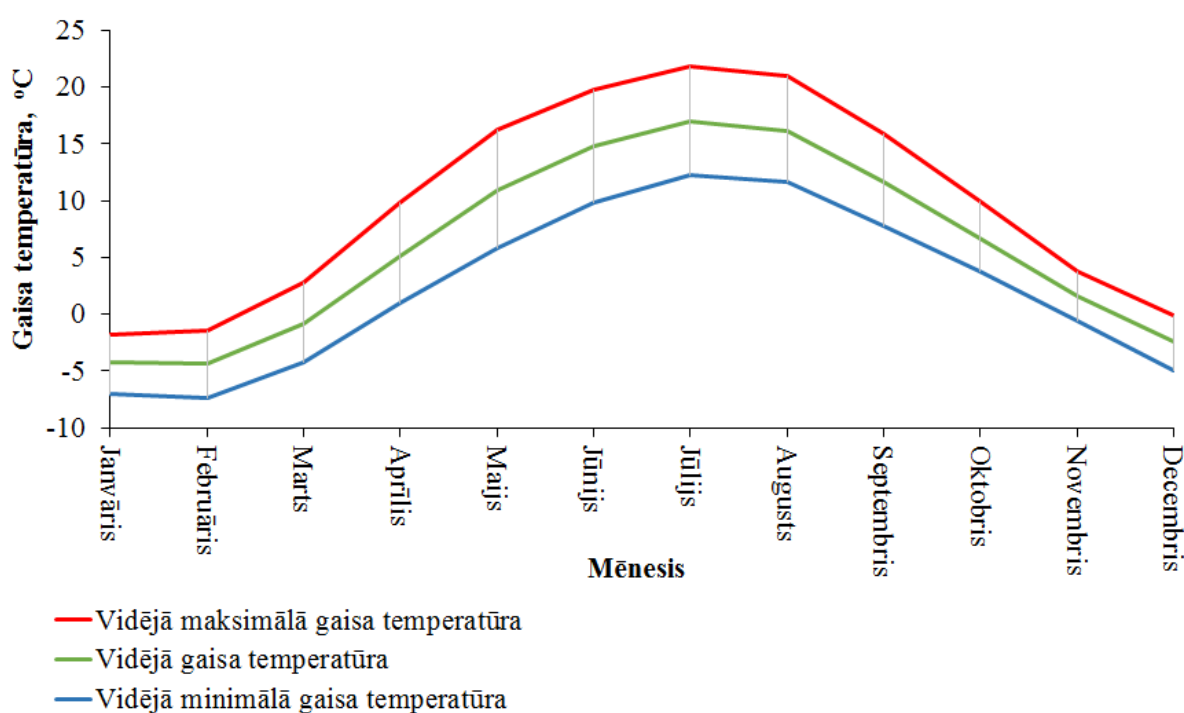
**3.2.attēls. Vidējās, minimālās un maksimālās gaisa temperatūras gada vidējo vērtību izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam**

Pēdējo 50 gadu laikā (laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam) Latvijā novērota vienmērīga gaisa temperatūras paaugstināšanās, kas bijusi izteikta gan gaisa temperatūras vidējās, gan arī maksimālajās un minimālajās vērtībās (3.2. attēls). Šāda gaisa temperatūras paaugstināšanās ir uzskatāma par būtisku un aktuālu tās radītās ietekmes izpētei (European Commission, 2016). Lai arī gaisa temperatūras izmaiņām nepieciešami atbilstoši pielāgošanās pasākumi, pētījuma, kura ietvaros veikta aptauja par klimata pārmaiņām, rezultāti rāda, ka Latvijā 75% respondentu nav pietiekami labi informēti par adaptāciju klimata pārmaiņām (Wirehn, 2011).

Gaisa temperatūras raksturs no gada uz gadu nereti ir ļoti mainīgs un par klimata izmaiņām vislabāk spriest pēc iespējami garākām datu rindām. Pasaules Meteoroloģijas organizācija ir noteikusi, ka dekāde (10 gadu periods) ir minimālais laika periods, kas ļauj spriest par gaisa temperatūras izmaiņām (WMO, 2013). Arī apskatītajā periodā novēroti gan ekstremāli auksti gadi, kuru laikā visu minēto gaisa temperatūras parametru vērtības bijušas izteikti zemas, piemēram, 1969., 1976., 1985. un 1987. gads, gan arī ekstremāli karsti gadi – to skaitā 1975. un 1989. gads, kā arī liela daļa no 21. gadsimta pirmās dekādes gadiem. Raksturojot gaisa temperatūras gaitu Latvijā sezonālā griezumā (3.3. attēls), tipiski visaukstākie mēneši gada gaitā ir janvāris un februāris, kad mēneša vidējā gaisa temperatūra ir  $-4,3^{\circ}\text{C}$ , vidējā minimālā gaisa temperatūra svārstās starp  $-7$  un  $-7,3^{\circ}\text{C}$ , savukārt vidējā maksimālā gaisa temperatūra ir starp  $-1,4$  un  $-1,8^{\circ}\text{C}$ . Savukārt visaugstākās gaisa temperatūras novērojamas



jūlija mēnesī, kad mēneša vidējā gaisa temperatūra ir +17°C, vidējā minimālā gaisa temperatūra ir +12,2°C, savukārt vidējā maksimālā gaisa temperatūra sasniedz +21.8°C. Gada griezumā vismazākās gaisa temperatūras svārstības novērojamas rudens un ziemas mēnešos, kad raksturīgas vismazākās atšķirības starp gaisa temperatūras diennakts minimālajām un maksimālajām vērtībām, savukārt pavasarī un īpaši vasarā šīs svārstības ir ļoti izteiktas. Šādu gaisa temperatūras mainības režīmu nosaka valdošie atmosfēras cirkulācijas apstākļi: rudens un ziemas sezonās, dominējot ciklonu darbības ietekmei, palielināta mākoņainuma apstākļos gaisa temperatūras gaita ir vienmērīgāka. Savukārt pavasara un vasaras sezonām raksturīgs mazāks mākoņainums, kas veicina gan strauju gaisa temperatūras paaugstināšanos dienas laikā, gan arī ievērojamu tās pazemināšanos nakts stundās.



3.3.attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Ilggadīgajā laika periodā Latvijā novērotās gaisa temperatūras izmaiņas būtiski skārušas ziemas un agra pavasara, kā arī vasaras mēnešus (3.1. tabula). Ziemas un pavasara mēnešos, īpaši janvārī, novērotas vērā ņemamas visu gaisa temperatūras rādītāju vērtību paaugstināšanās tendences, tomēr visizteiktākās izmaiņas konstatētas tieši pavasara mēnešos – aprīlī būtiski paaugstinājušās gan vidējās, gan arī vidējās maksimālās gaisa temperatūras vērtības, norādot uz siltu dienu skaita palielināšanos. Maijā un jūnijā būtiskas gaisa temperatūras izmaiņas nav konstatētas, bet turpmākajos vasaras mēnešos – jūlijā un augustā – būtiskas izmaiņas skārušas visus gaisa temperatūras parametrus. Šajos mēnešos būtiski paaugstinājusies gan mēneša

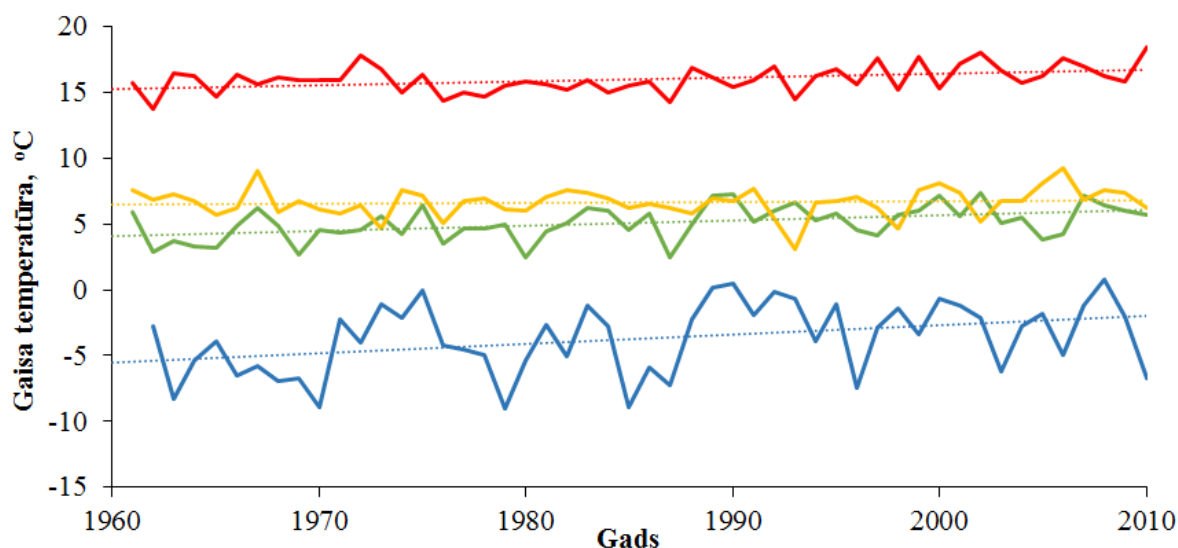
vidējā, gan arī maksimālā gaisa temperatūra, bet īpaši būtiski paaugstinājusies minimālā gaisa temperatūra, norādot uz sevišķi izteiktu pasiltināšanos tieši uz siltāku nakšu rēķina.

3.1. tabula

**Mēnešu vidējo gaisa temperatūru izmaiņu tendences Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam (Manna-Kendala testa vērtības)**

Mēnesis	Vidējā minimālā gaisa temperatūra	Vidējā gaisa temperatūra	Vidējā maksimālā gaisa temperatūra
Janvāris	<b>2,19</b>	<b>2,06</b>	<b>2,03</b>
Februāris	1,38	1,36	1,46
Marts	1,36	<b>1,68</b>	<b>2,09</b>
Aprīlis	<b>2,27</b>	<b>2,84</b>	<b>3,18</b>
Maijs	0,73	1,15	1,23
Jūnijs	0,28	-0,68	-0,73
Jūlijs	<b>3,32</b>	<b>2,67</b>	<b>2,7</b>
Augusts	<b>3,34</b>	<b>3,34</b>	<b>2,52</b>
Septembris	1,23	1,22	1,08
Oktobris	-0,18	-0,07	0,01
Novembris	0,9	0,63	0,67
Decembris	<b>1,66</b>	1,59	1,36
	Vērā ņemama pozitīva tendence		
	Būtiska pozitīva tendence		
	Ļoti būtiska pozitīva tendence		

Līdz ar izmaiņām mēnešu vidējās gaisa temperatūras vērtībās, izmaiņas ir skārušas arī sezonu vidējās gaisa temperatūras (3.4. attēls un 3.2. tabula). Sezonu vidējās temperatūras analīze apstiprina gaisa temperatūras paaugstināšanos ziemas, pavasara un vasaras sezonās, turklāt pavasara sezonā šī tendence ir bijusi īpaši izteikta. Vienīgā sezona, kuru ilggadīgajā periodā Latvijā nav skārušas būtiskas gaisa temperatūras izmaiņas, ir rudens – ne sezonas, ne arī tās mēnešu vidējo gaisa temperatūru vērtības laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam nav būtiski mainījušās.



3.4.attēls. Sezonu vidējo gaisa temperatūru izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

3.2. tabula

Sezonu vidējās gaisa temperatūras un to izmaiņu tendences (Manna-Kendala testa vērtības) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Sezona	Vidējā gaisa temperatūra	Manna-Kendala testa vērtība
Ziemā	-4,4°C	2,32
Pavasarī	+4,7°C	3,17
Vasarā	+15,7°C	2,41
Rudenī	+6,6°C	1,1
	Vērā ņemama pozitīva tendence	
	Būtiska pozitīva tendence	
	Ļoti būtiska pozitīva tendence	

Turpmāk šīs nodaļas ietvaros tiks apskatīta dažādu gaisa temperatūras vidējo rādītāju vērtību klimatiskā izplatība Latvijā, to dinamika un izmaiņu tendences pēdējo 50 gadu laikā. Būtiskākie gaisa temperatūras vidējie rādītāji ir vidējā gaisa temperatūra, maksimālā gaisa temperatūra, minimālā gaisa temperatūra, kā arī diennakts gaisa temperatūras amplitūda un augšanas sezonas garums.

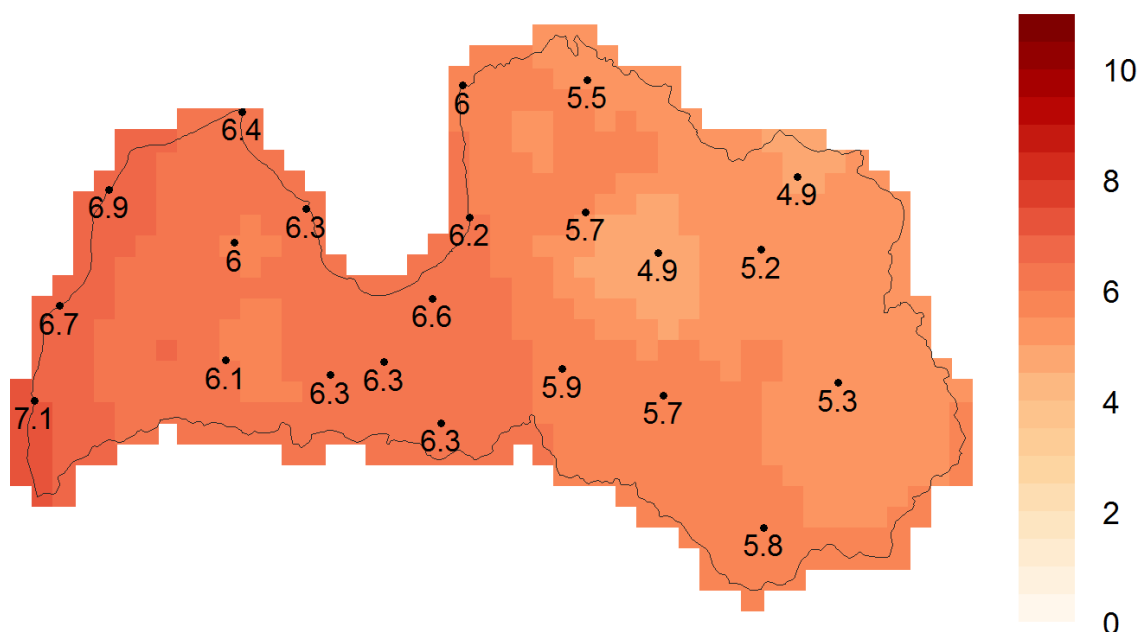
Lai gūtu visaptverošu priekšstatu par gaisa temperatūras klimatisko raksturojumu Latvijas teritorijā, pētījuma ietvaros analizētas gaisa temperatūras parametru gada vidējās vērtības. Gada vidējā gaisa temperatūra ir rādītājs, kas raksturo teritorijas termālos apstākļus gada laikā kopumā, un ir nozīmīgs klimatiskais rādītājs, kas plaši tiek izmantots kompleksā

klimatisko apstākļu un to izmaiņu analīzē. Gaisa temperatūras raksturošanai gada griezumā, pamatā tiek izšķirtas trīs raksturīgās vērtības:

- Gada vidējā gaisa temperatūra, kas iegūta no ikdienas diennakts vidējās gaisa temperatūras novērojumu vērtībām;
- Gada vidējā minimālā gaisa temperatūra, kas iegūta no ikdienas diennakts minimālās gaisa temperatūras novērojumu vērtībām;
- Gada vidējā maksimālā gaisa temperatūra, kas iegūta no ikdienas diennakts maksimālās gaisa temperatūras novērojumu vērtībām.

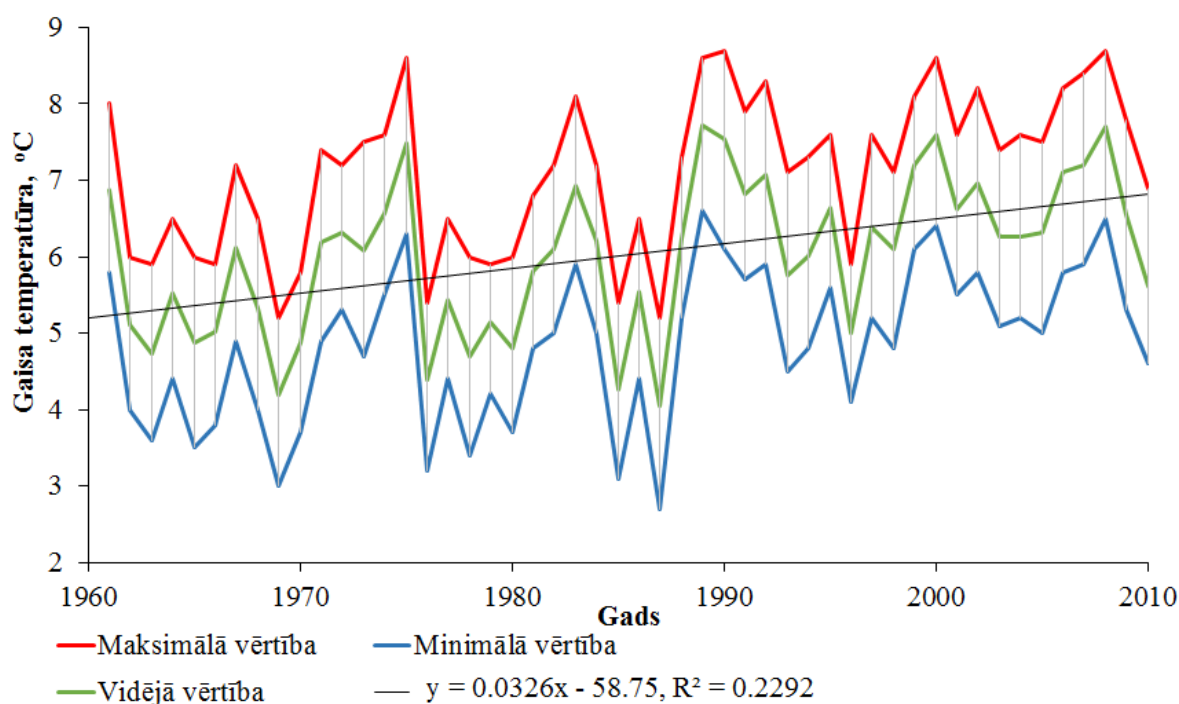
### **Vidējā gaisa temperatūra**

Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam gada vidējā gaisa temperatūra ir no +4,9°C Vidzemes un Alūksnes augstieņu apgabalos līdz pat +7,1° galējos dienvidrietumu rajonos (3.5. attēls). Šāds vidējo gaisa temperatūru teritoriālais sadalījums izteikti ilustrē gan kontinentalitātes un Baltijas jūras tuvuma, gan arī pozitīvo reljefa formu ietekmi uz klimatiskajiem apstākļiem un to izpausmju izplatību Latvijas teritorijas ietvaros.

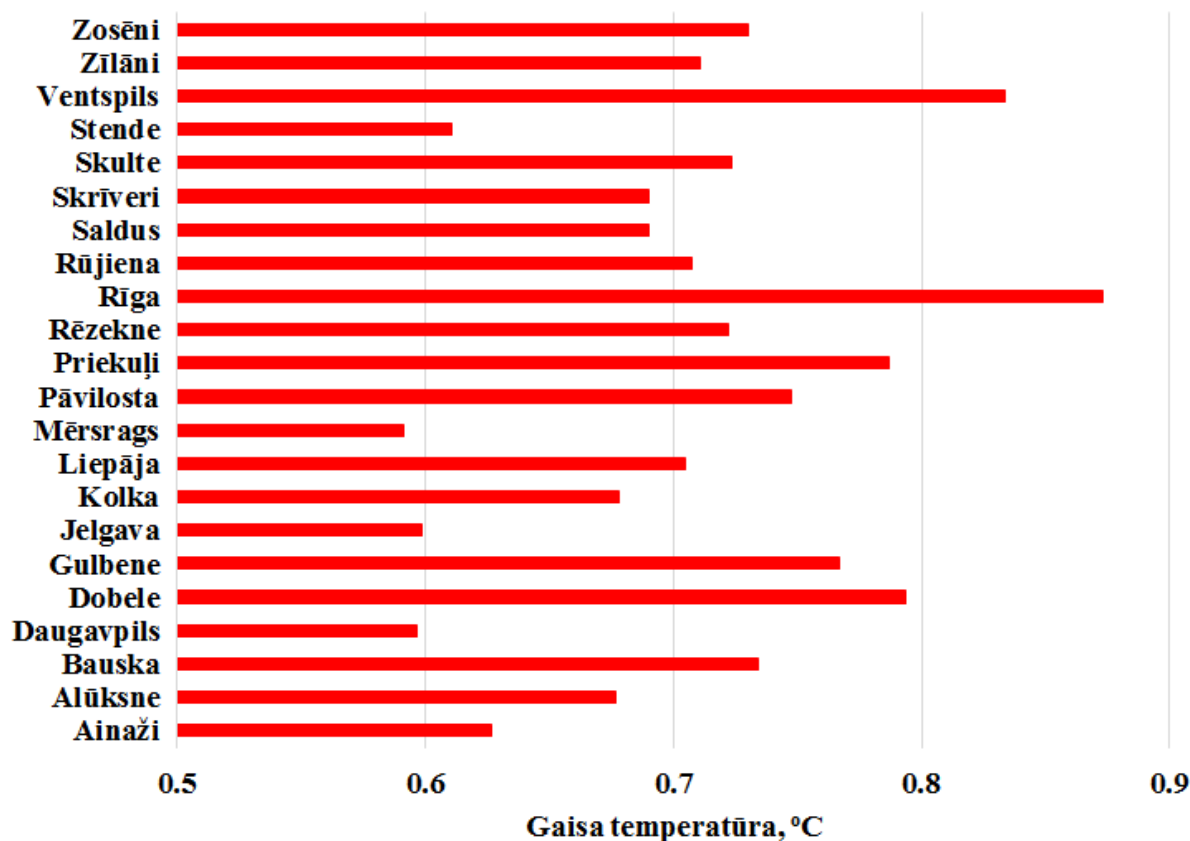


3.5.attēls. Ilggadīgā gada vidējā gaisa temperatūra (°C) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Gadu no gada vidējās gaisa temperatūras vērtības vidēji Latvijā svārstās no +4,1 līdz +7,7°C (3.6. attēls), atsevišķās vietās īpaši siltos gados sasniedzot pat +8,7°C (1990. un 2008. gadā Liepājā), bet ekstremāli aukstos gados, piemēram, 1987. gadā Alūksnē nepārsniedzot pat +2,7°C. Apskatītajā laika periodā siltākie gadi Latvijā bijuši 1989. (+7,7°C), 2008. (+7,7°C) un 2000 (+7,6°C) gads, savukārt aukstākie – 1987. (+4,1°C), 1969. (+4,2°C) un 1985. (+4,3°C) gads. Gada vidējo gaisa temperatūru dinamika uzskatāmi ilustrē analizēto periodu caurvijošu gaisa temperatūras paaugstināšanos Latvijā, kas īpaši vienmērīgi noritējusi pēdējo divu dekāžu laikā – laika periodā no 1990. līdz 2010. gadam. Salīdzinot mūsdienu klimatiskās normas perioda (1981.-2010. gads) gada vidējās gaisa temperatūras vērtības ar klimatiskās references perioda (1961.-2010. gads) vērtībām (3.7. attēls), tika konstatēts, ka visās meteoroloģisko novērojumu stacijās Latvijā mūsdienu apstākļos gada vidējā gaisa temperatūra ir vismaz par 0,5°C augstāka. Vismazākās gaisa temperatūras izmaiņas novērotas Stendes, Jelgavas, Mērsraga un Daugavpils novērojumu stacijās, savukārt vislielākās – Priekuļu, Dobeles, Ventspils un īpaši Rīgas meteoroloģisko novērojumu stacijās. Līdz ar izteiktajiem urbanizācijas procesiem, galvaspilsētā gaisa temperatūra paaugstinājusies teju par 0,9°C, salīdzinot ar klimatiskās references perioda vērtībām, norādot arī uz pilsētas siltumsalās efekta ietekmi uz gaisa temperatūras vērtībām (Lizuma, 2008).

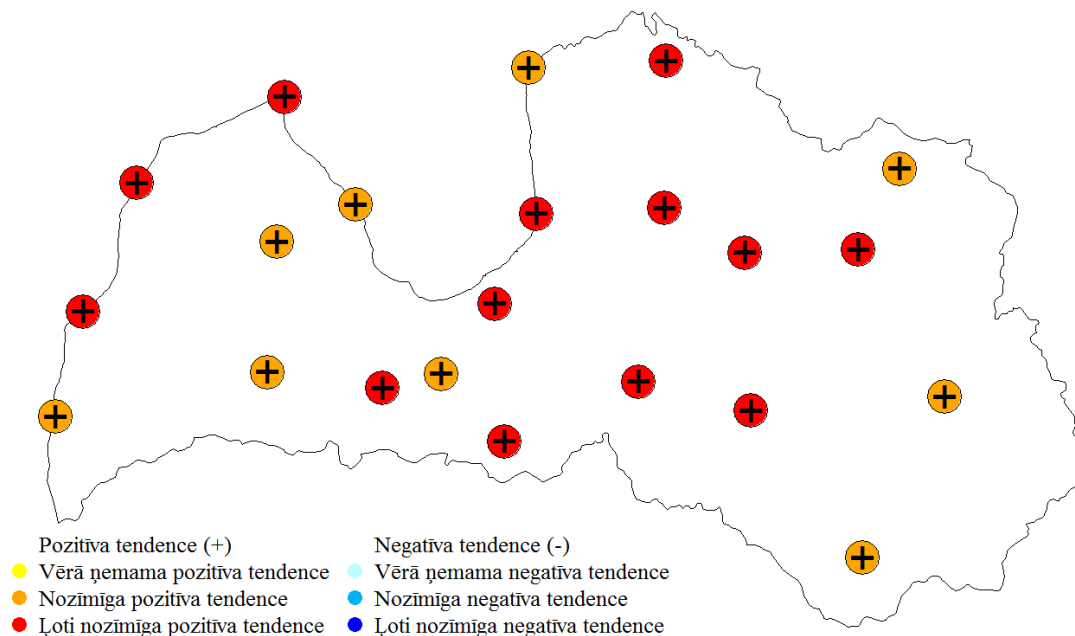


3.6.attēls. Gada vidējās gaisa temperatūras izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



3.7.attēls. Gada vidējās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

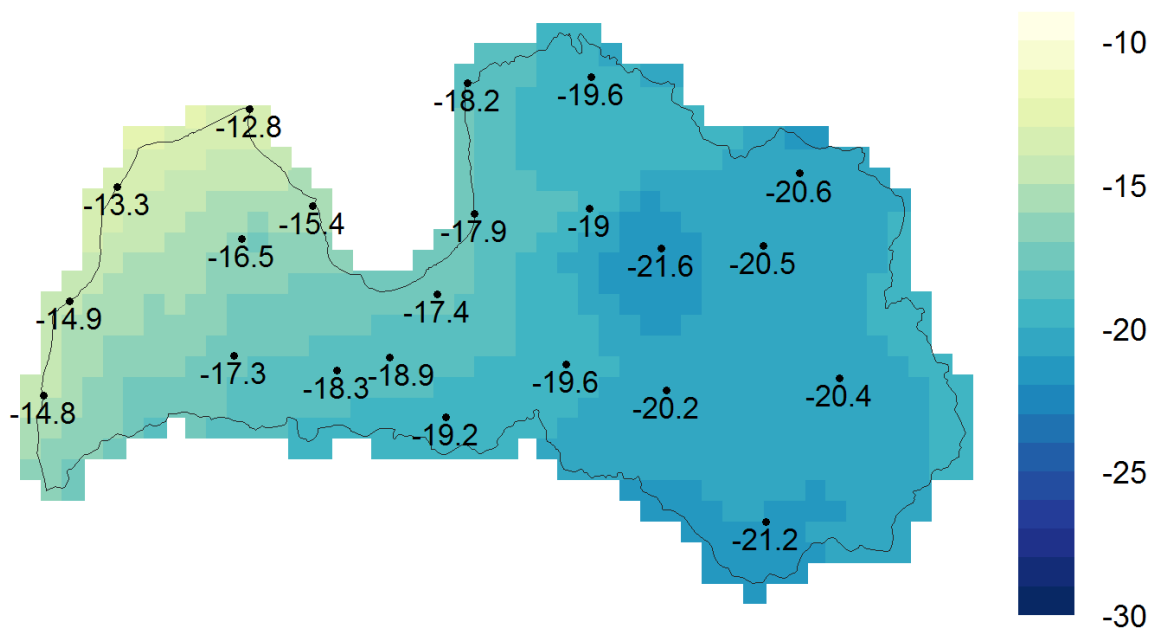
Gada vidējās gaisa temperatūras ilggadīgo izmaiņu tendenču statistiskā analīze (3.8. attēls) norāda, ka iepriekš aprakstītā gada vidējās gaisa temperatūras vērtību paaugstināšanās visā Latvijas teritorijā bijusi statistiski būtiska, turklāt lielākajā daļā pētījumā iekļauto meteoroloģisko novērojumu staciju šīs izmaiņas bijušas pat statistiski ļoti būtiskas.



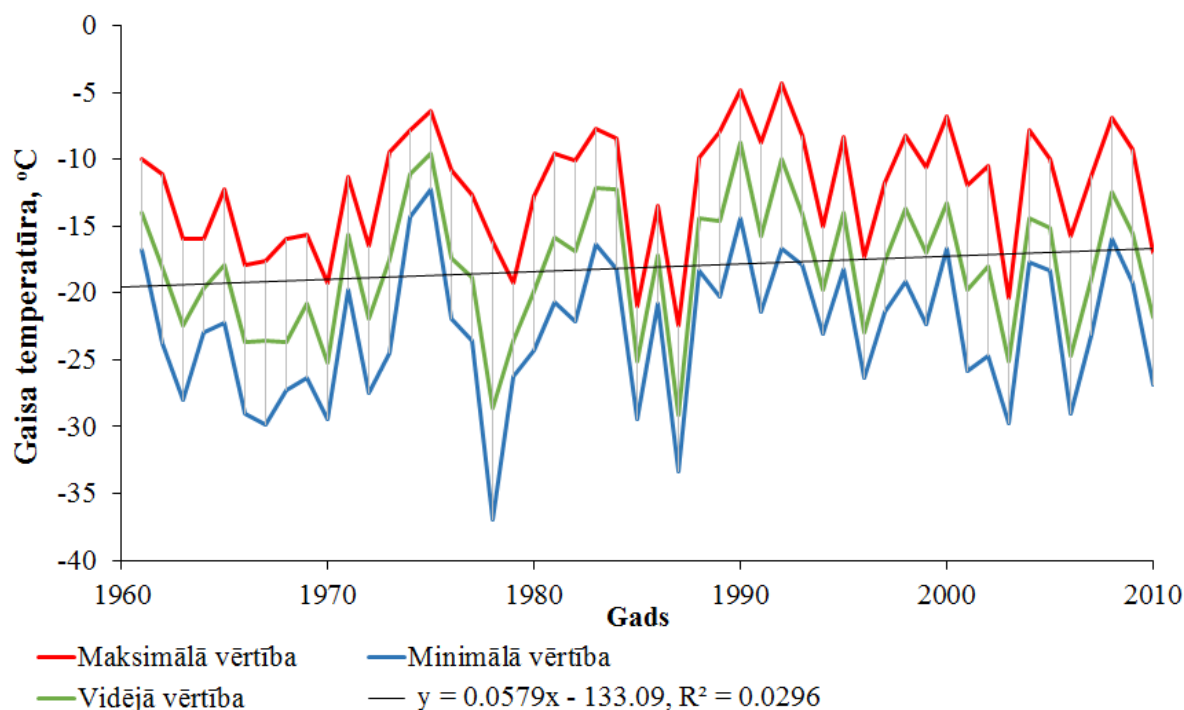
**3.8.attēls. Gada vidējās gaisa temperatūras vērtību ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam**

Gada vidējās gaisa temperatūras vērtības raksturo to, kāda vidēji bijusi diennakts vidējā gaisa temperatūra konkrētā gada laikā, tomēr tā neapraksta diennakšu vidējo gaisa temperatūru ekstremālās vērtības jeb aukstākās un siltākās gada gaitā novērotās diennaktis. Lai raksturotu šādu aukstu un siltu diennakšu izplatību gada gaitā, pētījuma ietvaros tika analizētas arī gada vidējās minimālās un vidējās maksimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības.

Ilggadīgajā laika periodā vidēji Latvijā diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības aukstākajos gada periodos noslīd līdz  $-12,8...-21,6^{\circ}\text{C}$  (3.9. attēls). Līdzīgi gada vidējās gaisa temperatūras teritoriālajai izplatībai, zemākās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības tiek novērotas valsts austrumu daļā, savukārt visaugstākās tās ir Kurzemes rietumu piekrastē, kur sala periodi ir īslaicīgāki, mazāk stabili un arī zemākas intensitātes. Tomēr, atšķirībā no gada vidējās gaisa temperatūras, kuras maksimums ir raksturīgs valsts dienvidrietumu rajoniem, minimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības augstākas ir Kurzemes ziemeļrietumu daļā. Vidēji Latvijā gada minimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības svārstās  $-8,8...-29,1^{\circ}\text{C}$  robežās (3.10. attēls), bet atsevišķos gadījumos dažviet valstī var pazemināties pat līdz  $-37^{\circ}\text{C}$  (1978. gadā Zosēnos) vai pat arī aukstākajās gada dienās nenoslīdēt zemāk par  $-4,3^{\circ}\text{C}$  (1922. gadā Kolkā).



3.9.attēls. Ilggadīgā vidējā gada minimālā diennakts vidējā gaisa temperatūra (°C) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

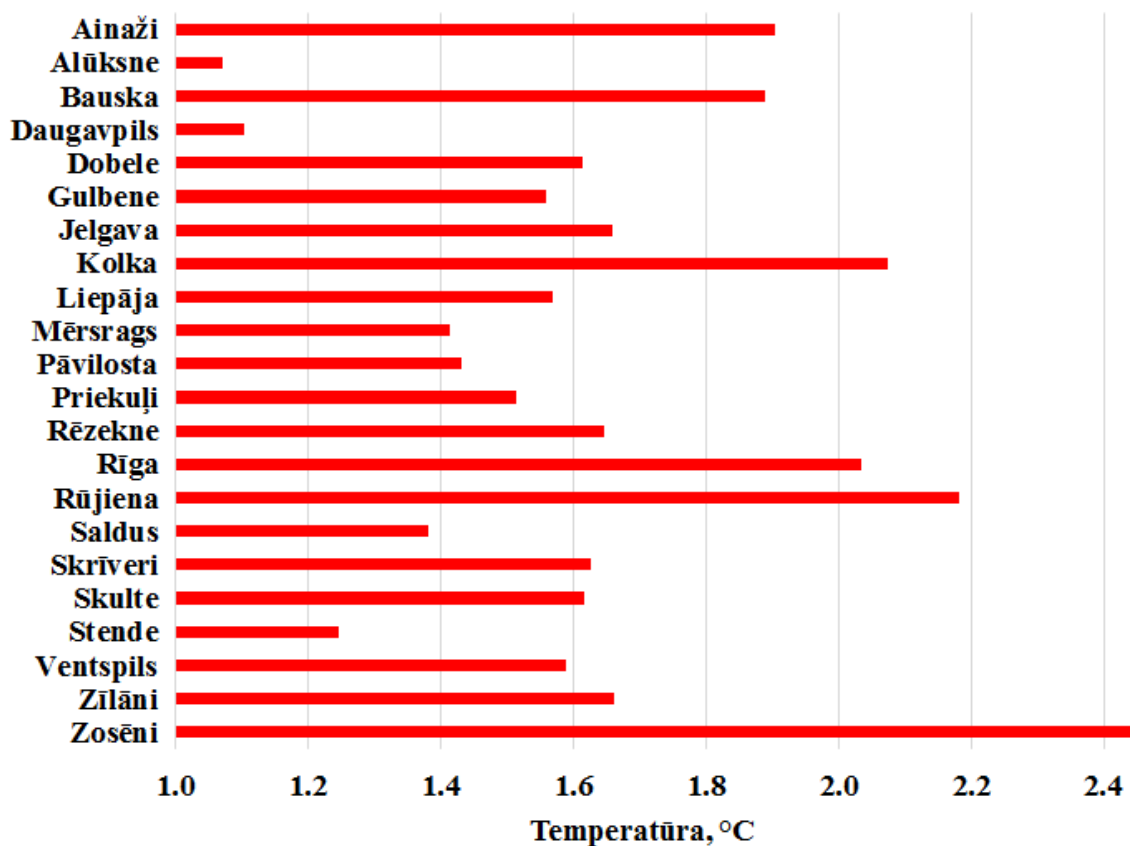


3.10.attēls. Gada minimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

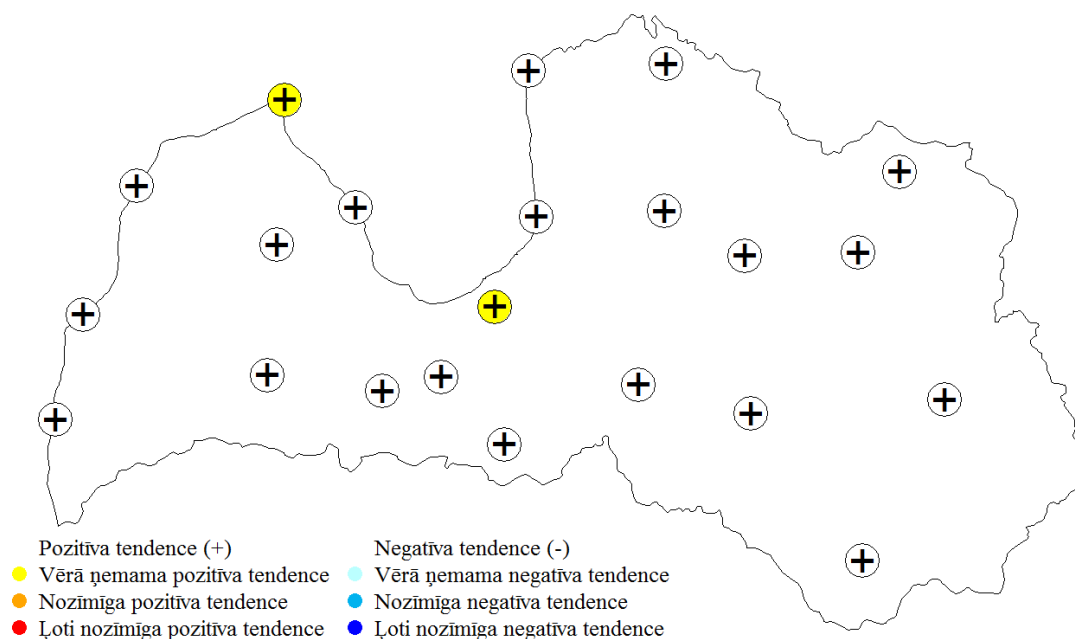
Gada minimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības raksturo vienas, gada ietvaros visaukstākās, diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtību, un līdz ar to šo vērtību



izplatība gadu no gada var būt gan teritoriāli gan arī intensitātes ziņā ievērojami atšķirīga. Līdz ar to, lai gan gada vidējās gaisa temperatūras vērtības apskatītajā periodā ir būtiski paaugstinājušās visā Latvijas teritorijā, gada minimālajām diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtībām statistiski vērā ņemamas paaugstināšanās tendences novērotas tikai divās meteoroloģisko novērojumu stacijās – Kolkā un Rīgā (3.12. attēls). Savukārt salīdzinot mūsdienu klimatiskās normas periodu ar klimatiskās references periodu (3.11. attēls), pētījuma gaitā tika konstatēts, ka diennakts vidējās gaisa temperatūras minimālās vērtības ir paaugstinājušās par 1-2,4°C, īpaši Rūjienas un Zosēnu meteoroloģisko novērojumu stacijās.



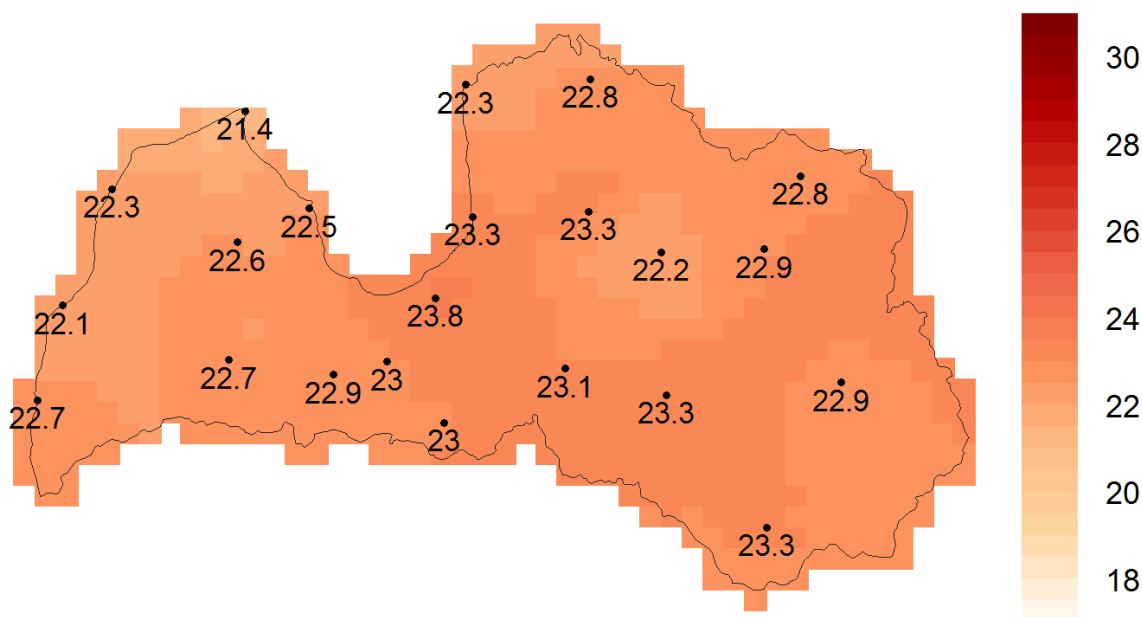
3.11.attēls. Gada minimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



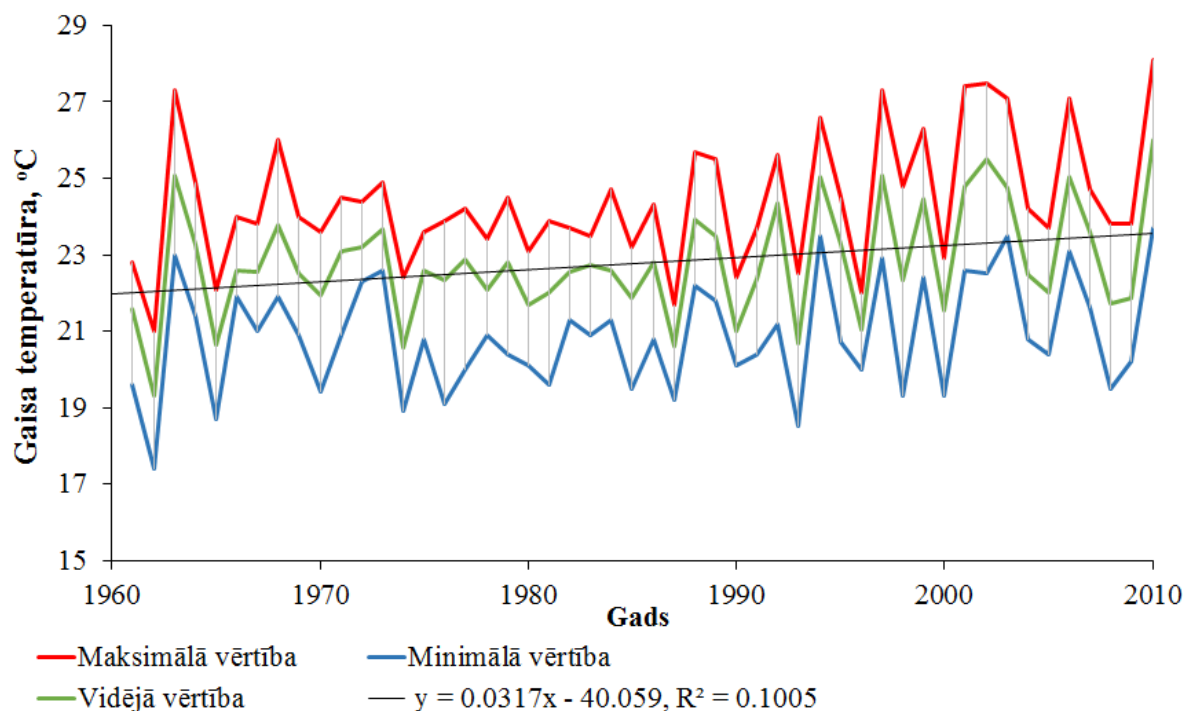
**3.12.attēls. Gada minimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtību ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam**

Gada maksimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības raksturo katra gada vissiltāko diennakti konkrētajā novērojumu punktā. Ilggadīgajā laika periodā maksimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības Latvijas teritorijā ir no +21,4°C Kurzemes ziemeļos līdz +23,8°C Rīgā (3.13. attēls). Izteikti augstākā diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtība Rīgas apkārtnē varētu norādīt uz pilsētas siltumsalas efekta ietekmi uz gaisa temperatūras režīmu šajā pilsētā: pilsētu teritorijās karstuma stress, ko veido gaisa temperatūras un mitruma attiecība, ir lielāks kā nomalēs un lauku teritorijās, turklāt, jo lielāka ir pilsētas teritorija un jo lielāks ir iedzīvotāju skaits, jo spēcīgākas ir arī siltumsalas efekta izpausmes (WMO and WHO, 2015).

Maksimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības apskatītajā periodā vidēji Latvijā svārstījās no +19,3 līdz +26°C, bet laika periodā no 1970. līdz 1990. gadam šo svārstību amplitūda bijusi salīdzinoši neliela (3.14. attēls). Savukārt pēdējo divu dekāžu laikā svārstības ir kļuvušas gan izteiktākas, gan arī novērojama uzskatāma siltāko diennakšu vidējo gaisa temperatūru vērtību paaugstināšanās. Vēsturiski, apskatītajā laika periodā visaugstākā gada maksimālā diennakts vidējā gaisa temperatūra novērota tieši perioda pēdējā, 2010. gadā, kad Rīgā diennakts vidējā gaisa temperatūra sasniesi +28,1°C, savukārt viszemākā vērtība novērota tālajā 1962. gadā Ventspilī - +17,4°C.



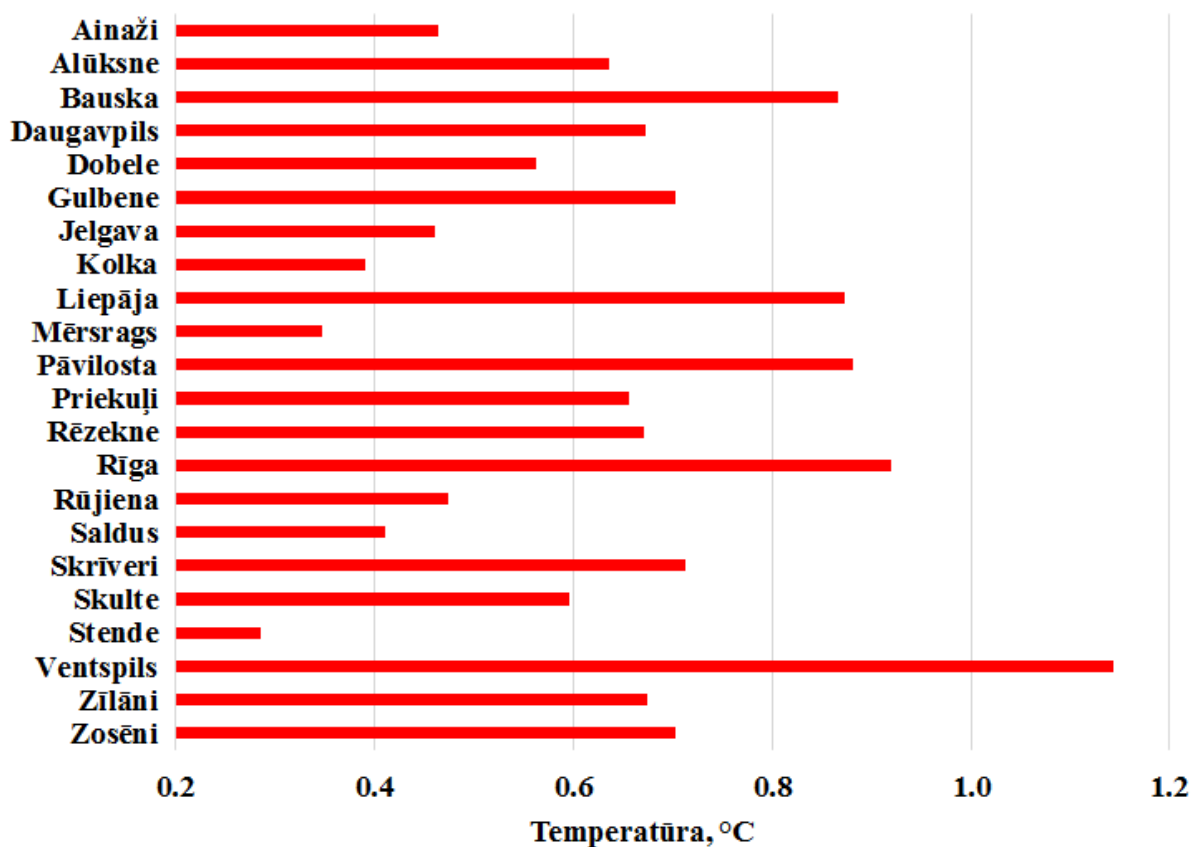
3.13.attēls. Ilggadīgā vidējā gada maksimālā diennakts vidējā gaisa temperatūra (°C) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



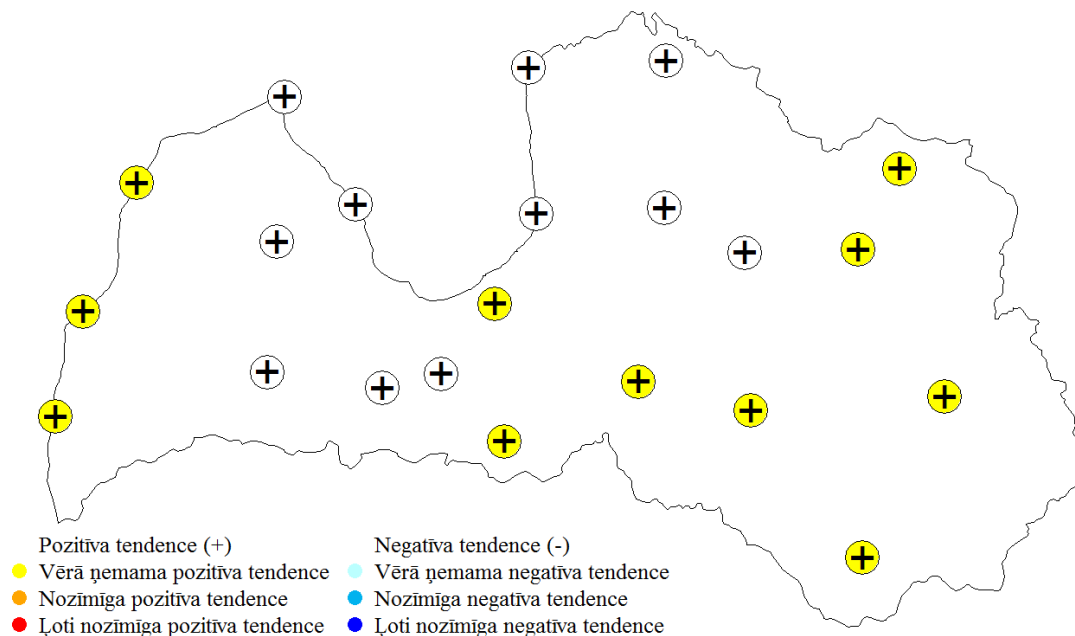
3.14.attēls. Gada maksimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Maksimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības, salīdzinot ar references periodu, ir mainījušās ievērojami mazāk nekā tās minimālās vērtības: tikai Ventspilī to

pieaugums pārsniedz 1°C robežu, bet lielākajā daļā meteoroloģisko novērojumu staciju ir 0,2...0,7°C robežās (3.15. attēls). Izmaiņu statistiskā analīze liecina par to, ka kopumā pusē no pētījumā izmantotajām meteoroloģisko novērojumu stacijām novērotas vērā ņemamas maksimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtību paaugstināšanās tendences. Teritoriāli šīs vērā ņemamās izmaiņas skārušas Baltijas jūras piekrastes un valsts dienvidaustrumu daļas meteoroloģisko novērojumu stacijas (3.16. attēls).



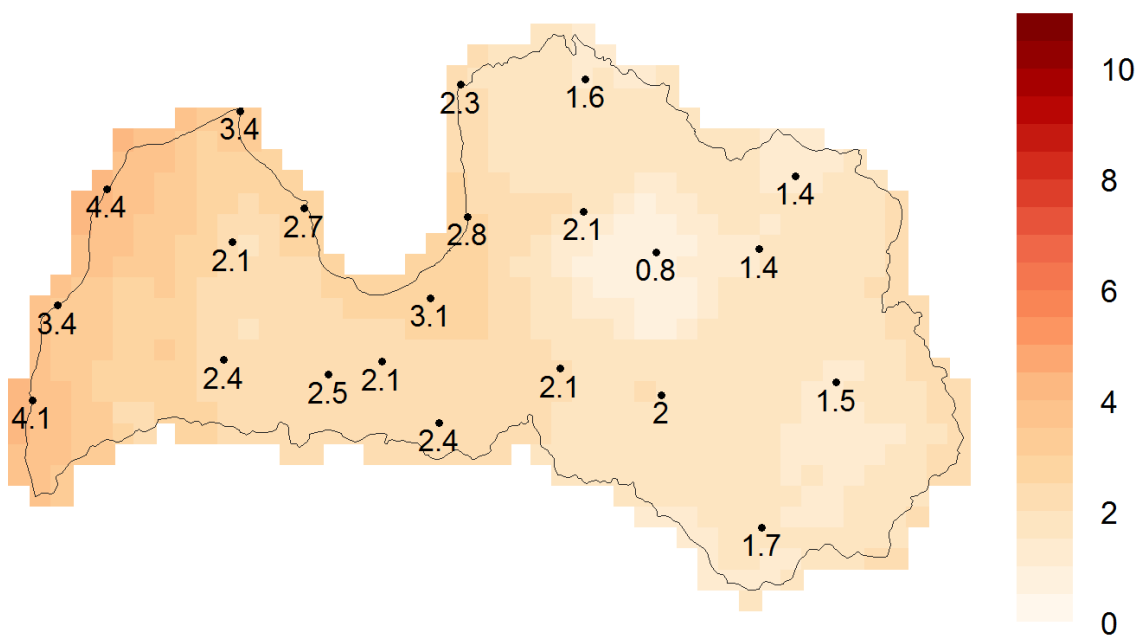
3.15.attēls. Gada maksimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



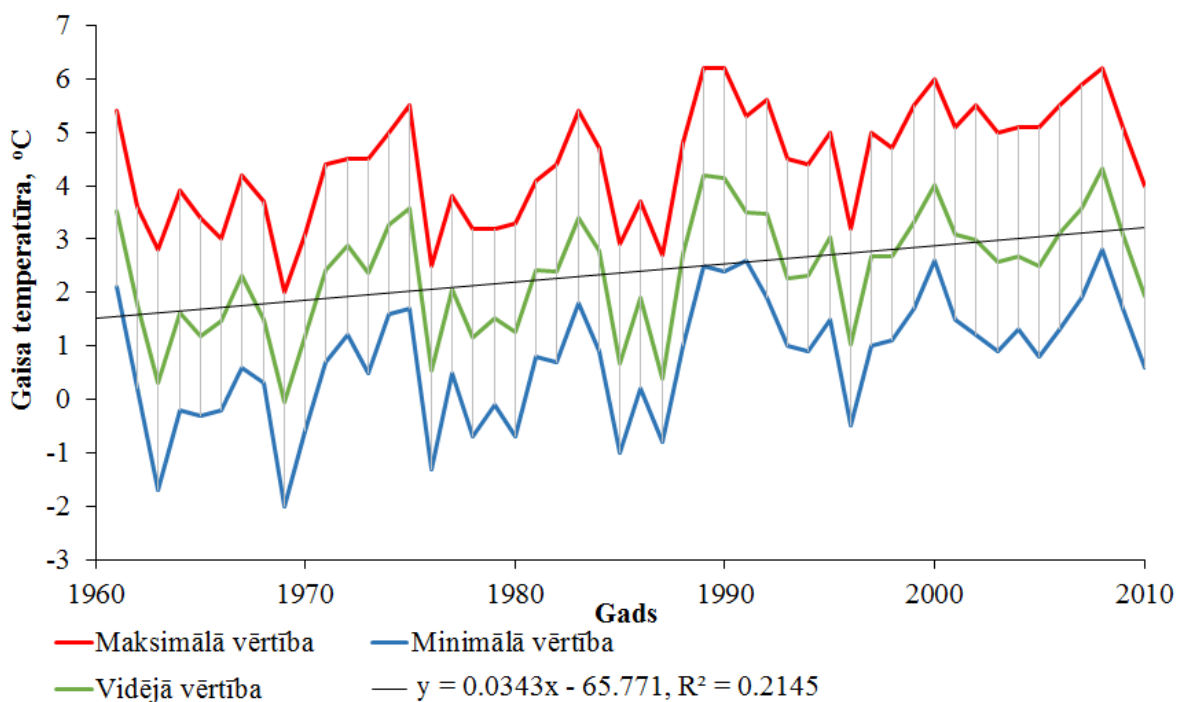
3.16.attēls. Gada maksimālās diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtību ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### Vidējā minimālā gaisa temperatūra

Latvijas teritorijā gaisa temperatūrai raksturīgā diennakts gaita nosaka to, ka vairumā gadījumu gaisa temperatūra maksimumu sasniedz dienas laikā, savukārt minimumu – nakts un agrās rīta stundās. Līdz ar to minimālās gaisa temperatūras vērtības pārsvarā reprezentē ne tikai gaisa temperatūru diennakts aukstākajā brīdī, bet vairumā gadījumu arī diennakts tumšo periodu. 3.17. attēlā apkopotas pētījumā iekļautā perioda gada vidējās diennakts minimālās gaisa temperatūras vērtības, kas teritoriāli svārstās  $+0,8^{\circ}$  līdz  $+4,4^{\circ}\text{C}$  robežās, norādot, ka Latvijā gada gaitā dominē naktis ar pozitīvām gaisa temperatūrām. Gada vidējās minimālās gaisa temperatūras dinamikā vērojama izteikta paaugstināšanās tendence (3.18. attēls), un līdz ar to arī viszemākās tās novērotās vērtības saistāmas ar analizētā perioda sākuma gadiem – vidēji Latvijā vienīgo reizi gada vidējā minimālā gaisa temperatūra ir bijusi negatīva un sasniegusi  $-0,05^{\circ}\text{C}$  1969. gadā, kad teritoriāli tā bijusi no  $+2^{\circ}\text{C}$  Ventspilī līdz tikai  $-2^{\circ}\text{C}$  Zosēnos. Savukārt augstākās gada vidējās minimālās gaisa temperatūras vērtības saistītas ar perioda pēdējiem gadiem – augstākā vidējās minimālās gaisa temperatūras vērtība vidēji Latvijā sasniegusi  $+4,3^{\circ}\text{C}$  2008. gadā, kad Ventspilī (tāpat kā 1989. un 1990. gadā) tās vērtība pakāpusies pat līdz  $+6,2^{\circ}\text{C}$ .



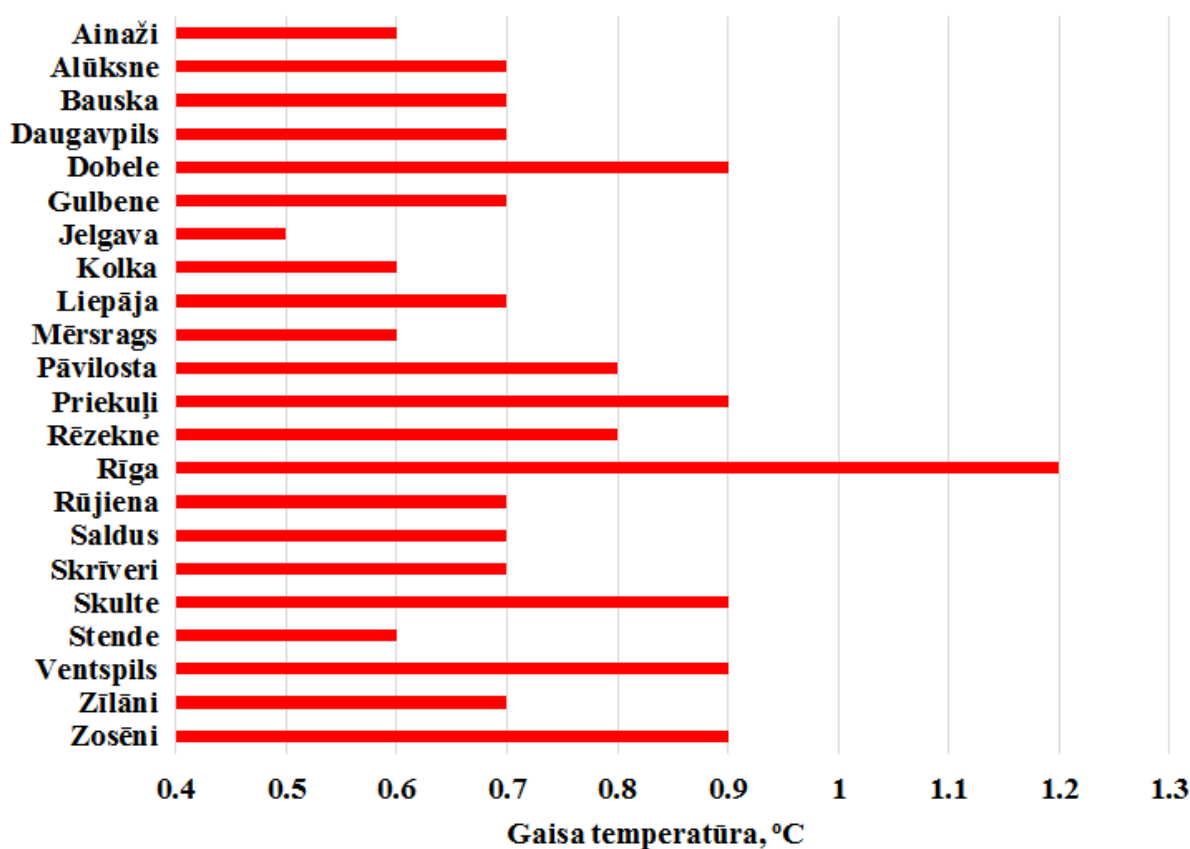
3.17.attēls. Ilggadīgā gada vidējā minimālā gaisa temperatūra (°C) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



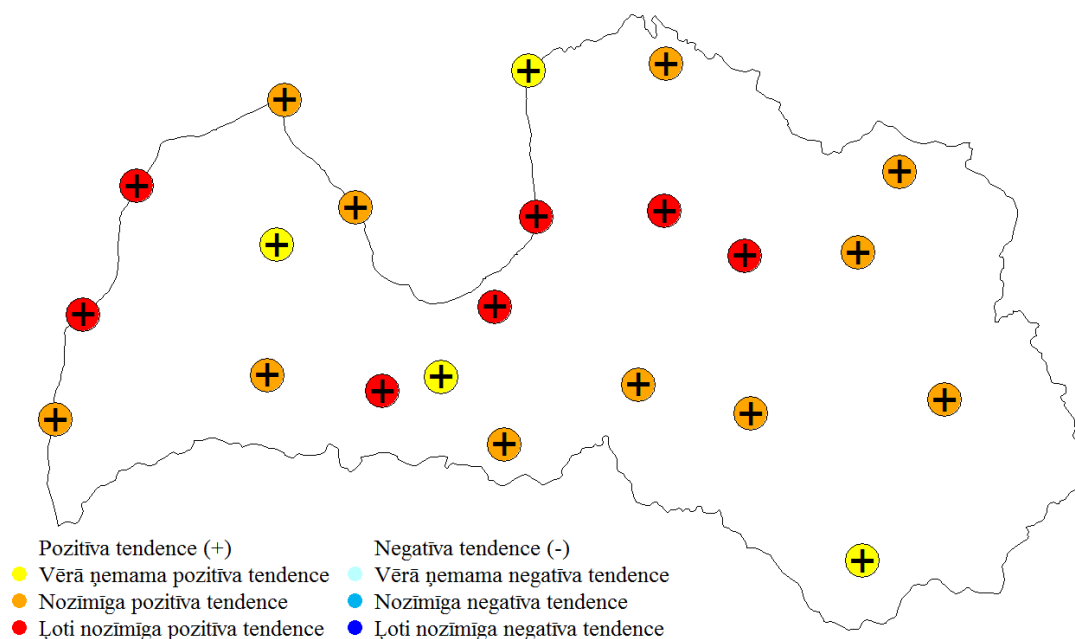
3.18.attēls. Gada vidējās minimālās gaisa temperatūras izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Līdzšinējo klimata pārmaiņu izraisītā gaisa temperatūras paaugstināšanās ir izraisījusi būtisku gaisa temperatūras minimālo vērtību paaugstināšanos, kas konstatēta arī iepriekš šajā

nodaļā aprakstītajā mēneša vidējo gaisa temperatūras vērtību izmaiņu analīzē, kuras laikā būtiskākās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas tika konstatētas tieši ziemas un pavasara sezonās. Salīdzinot ar klimatiskās references periodu, mūsdienās minimālā gaisa temperatūra visās meteoroloģisko novērojumu stacijās ir paaugstinājusies vismaz par 0,5°C, bet Rīgā pat par 1,2°C, jau atkārtoti norādot uz būtisko pilsētas siltumsalās efekta ietekmi uz termālajiem klimatiskajiem apstākļiem šajā pilsētas aglomerācijā (3.19. attēls). Latvijas teritorijas lielākajā daļā vidējās minimālās gaisa temperatūras paaugstināšanās ir bijusi statistiski būtiska, septiņās meteoroloģisko novērojumu stacijās pat ar ļoti augstu statistiskā būtiskuma līmeni.



3.19.attēls. Gada vidējās minimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

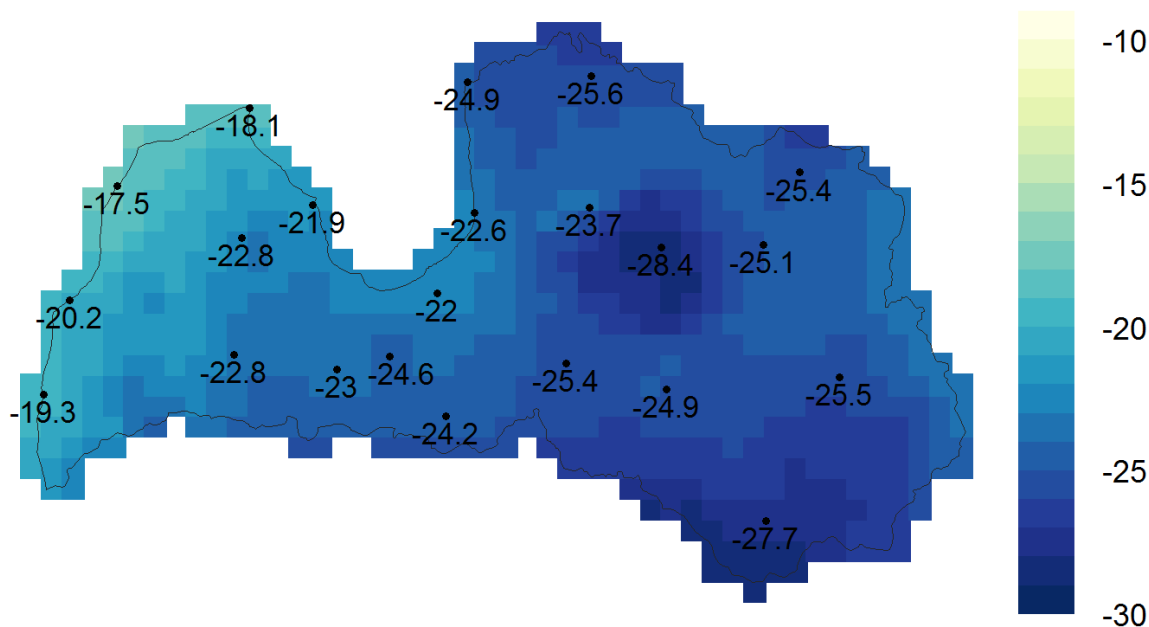


**3.20.attēls. Gada vidējās minimālās gaisa temperatūras vērtību ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam**

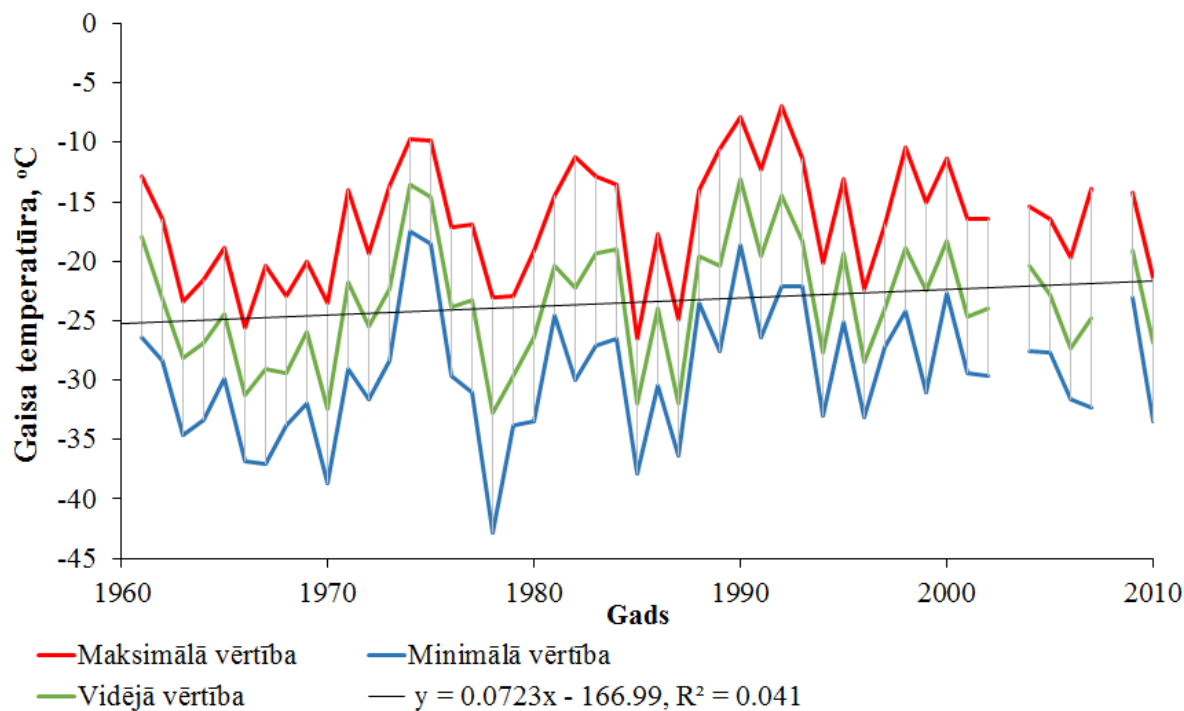
Līdz ar to, ka gaisa temperatūrai raksturīga ne tikai diennakts gaita, bet arī izteikta sezonālitate un Latvijā viszemākās gaisa temperatūras vērtības parasti tiek novērotas ziemas sezonā, gada minimālās diennakts minimālās gaisa temperatūras vērtības raksturo gada aukstākās naktis ziemas sezonas laikā. Ilggadīgajā periodā vidēji gada laikā gaisa temperatūra Latvijā pazeminās līdz  $-17,5...-28,4^{\circ}\text{C}$ , un šo vērtību teritoriālā izkliede pārsniedz 10 grādu robežas (3.21. attēls). Izteikti minimumu reģioni vērojami valsts austrumu daļā, īpaši Vidzemes augstienē, savukārt visaugstākās vērtības novērojamas Kurzemes piekrastes rajonos. Tomēr gadu no gada, aukstām ziemām mijoties ar mērenām, gada laikā novērotās minimālās gaisa temperatūras vērtības var būtiski atšķirties. Vidēji Latvijā gada minimālās gaisa temperatūras vērtības apskatītajā periodā svārstījās no  $-13,06^{\circ}\text{C}$  1990. gadā līdz pat  $-32,8^{\circ}\text{C}$  1978. gadā, kad Zosēnos gaisa temperatūra pazeminājusies līdz  $-42,9^{\circ}\text{C}$  (3.22. attēls). Jāpiemin, ka absolūtais minimālās gaisa temperatūras rekords datēts ārpus pētījumā iekļautā laika perioda, kad 1956. gada 8. februārī Daugavpilī gaisa temperatūra pazeminājās līdz  $-43,2^{\circ}\text{C}$ . Savukārt augstākā visa gada laikā sasniegtā minimālā gaisa temperatūra apskatītajā periodā konstatēta Kolkā 1992. gadā, kad nevienu nakti gaisa temperatūra nebija zemāka par  $-6,9^{\circ}\text{C}$ . Lai gan ilggadīgajā laika periodā novērota gaisa temperatūras paaugstināšanās tendence, arī mūsdienās aizvien novērojamas arī aukstas un sniegotas ziemas. Kā piemērs jāmin 2010. gada ziema, kad



vidēji Latvijā minimālā gaisa temperatūra bija  $-26,8^{\circ}\text{C}$ , un teritoriāli svārstījās no  $-21,4^{\circ}\text{C}$  Kolkā līdz  $-33,5^{\circ}\text{C}$  Daugavpilī.

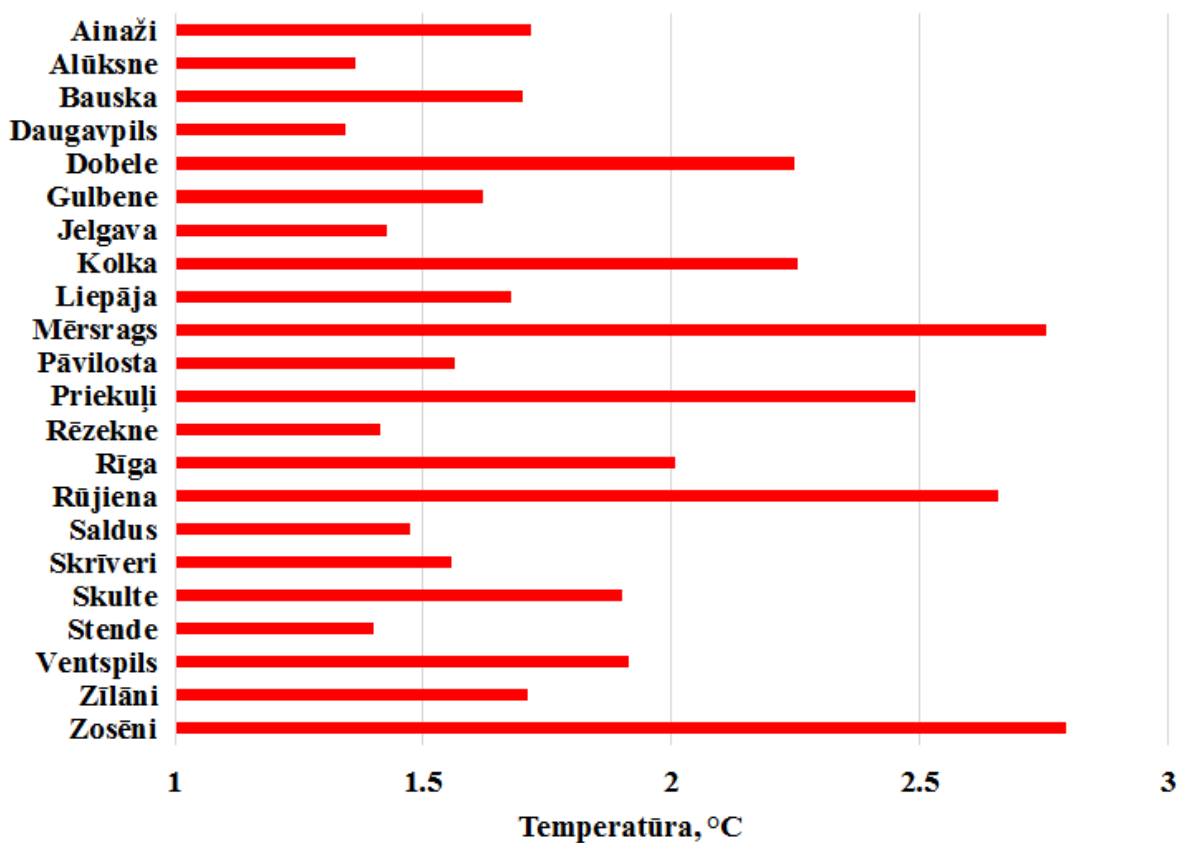


3.21.attēls. Ilggadīgā vidējā gada minimālā gaisa temperatūra ( $^{\circ}\text{C}$ ) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

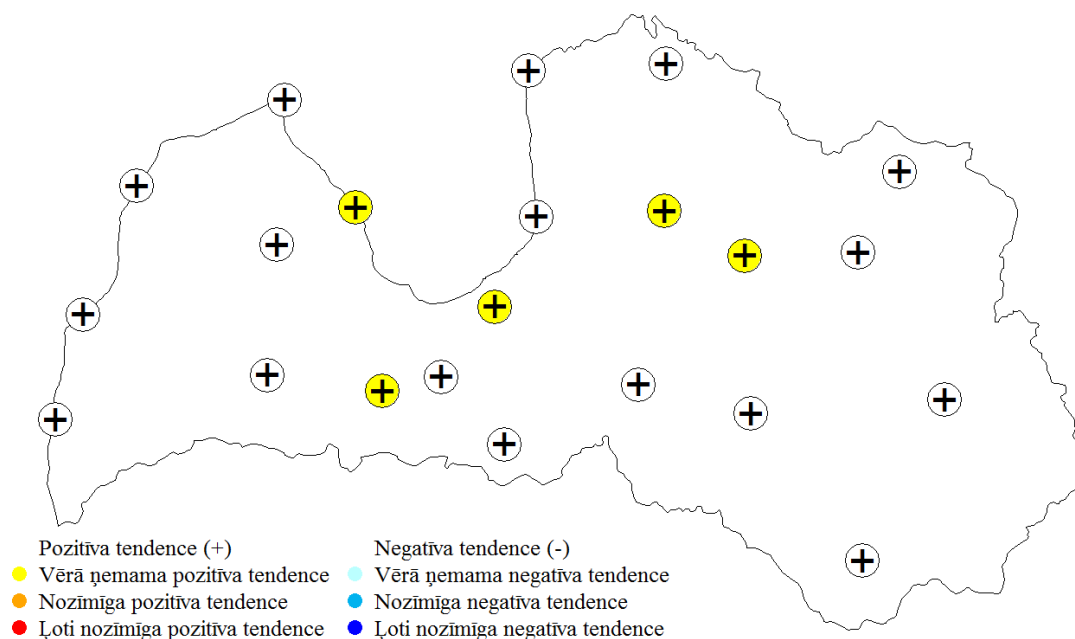


3.22.attēls. Gada minimālās gaisa temperatūras izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Lai gan tikai piecās meteoroloģisko novērojumu stacijās konstatētas statistiski būtiskas gada minimālās gaisa temperatūras izmaiņas (3.24. attēls), mūsdienās minimālās gaisa temperatūras vērtības daudzviet Latvijā ir par 1,5...2,5°C augstākas nekā klimatiskās references periodā (3.23. attēls).

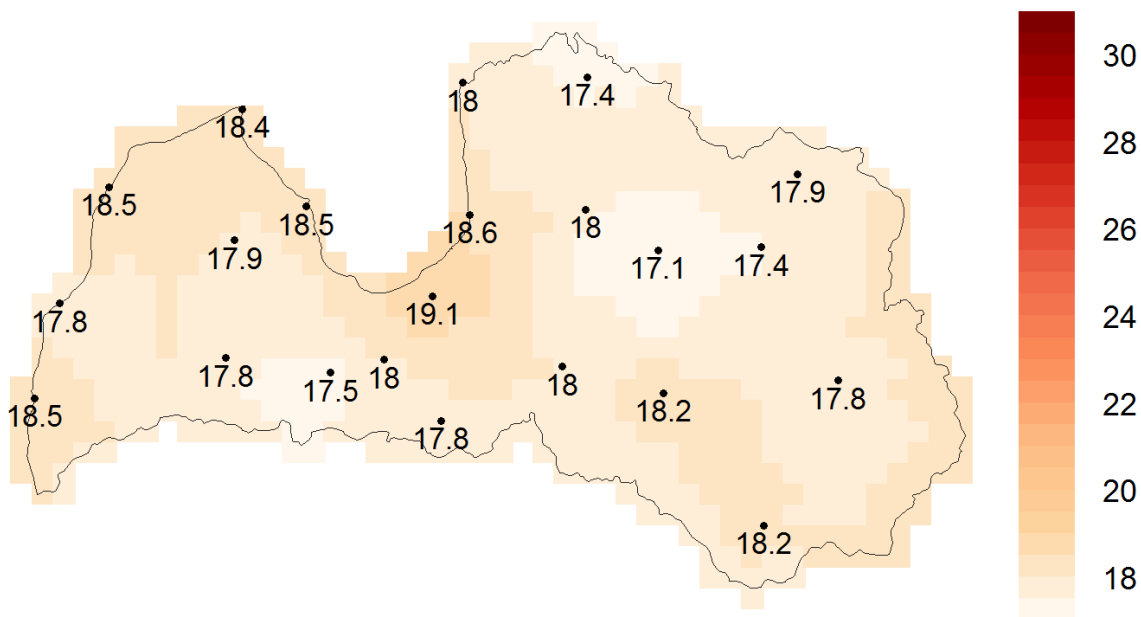


3.23.attēls. Gada minimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

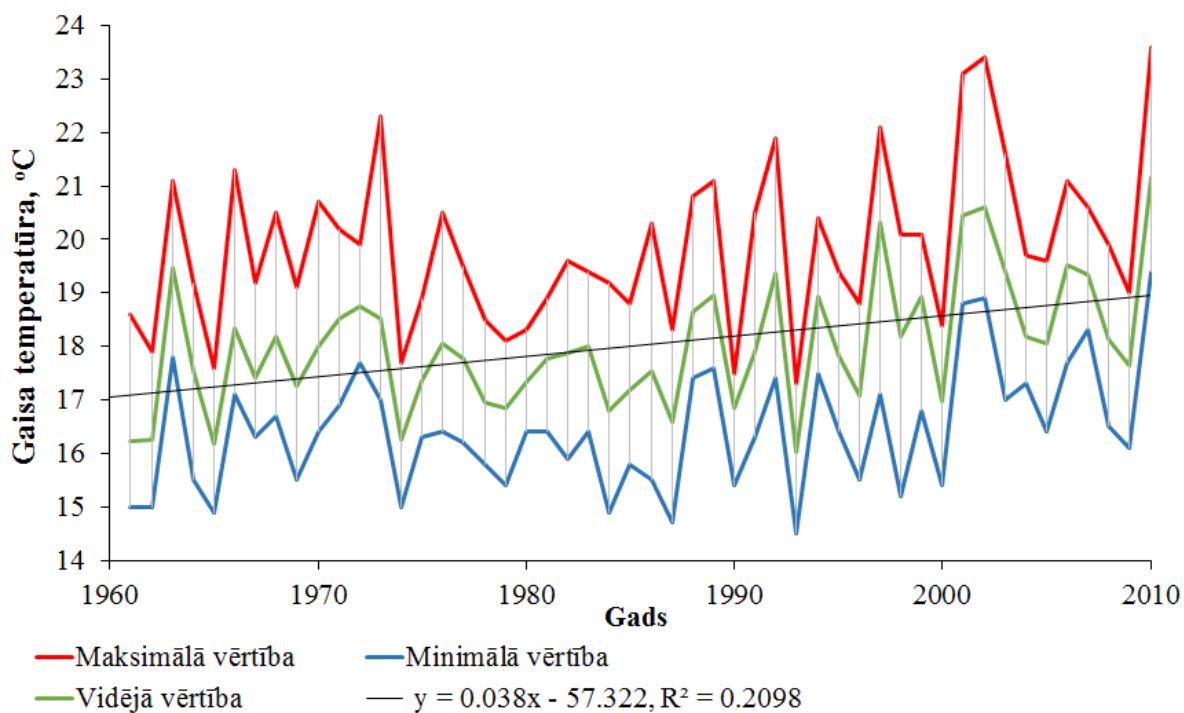


**3.24.attēls. Gada minimālās gaisa temperatūras vērtību ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam**

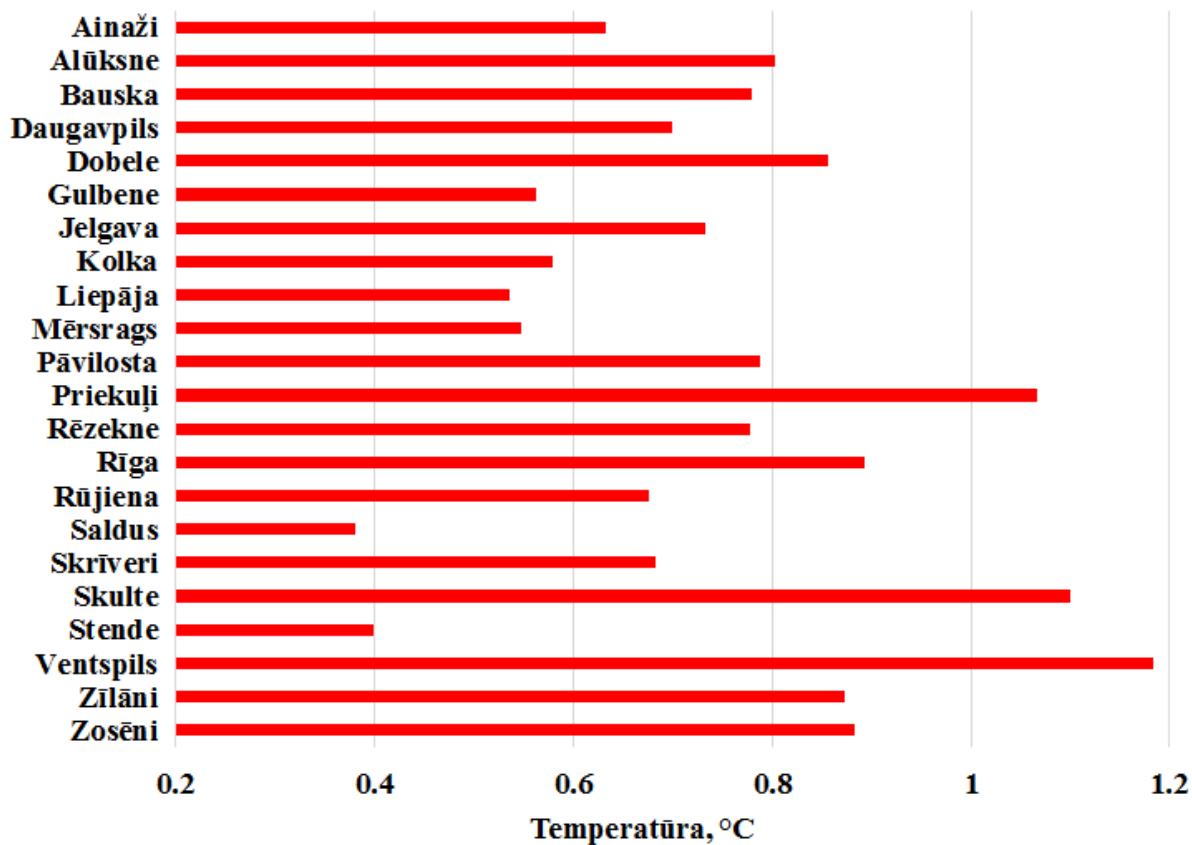
Gada maksimālā diennakts minimālās gaisa temperatūras vērtība raksturo gaisa temperatūru gada siltākajās naktīs, kas raksturīgas vasaras sezonai, kā arī ilgstoša karstuma periodiem, kad gaisa temperatūra naktī laikā ar katru dienu aizvien vairāk paaugstinās. Pēdējo 50 gadu periodā šādās naktīs gaisa temperatūra ik gadu Latvijā ir  $+17,1\dots+19,1^{\circ}\text{C}$  robežās, augstākās vērtības novērojot Rīgas līča dienvidaustrumu piekrastē, tajā skaitā Rīgā (3.25. attēls). Vidēji Latvijā gaisa temperatūras vērtības gada siltākajās naktīs svārstās no  $+16^{\circ}$  līdz pat  $+21,2^{\circ}\text{C}$  2010. gadā, kad lielākajā valsts daļā gada siltākajā naktī gaisa temperatūra pārsniedza  $+20^{\circ}\text{C}$  atzīmi, un Rīgā sasniedza pat  $+23,6^{\circ}\text{C}$ , kas arī ir šajā periodā augstākā novērotā diennakts minimālā gaisa temperatūra (3.26. attēls). Ja perioda pirmajās trijās dekādēs silto nakšu minimālo gaisa temperatūru vērtībās vēl nevarēja saskatīt būtiskas paaugstināšanās tendences, tad pēdējo divu dekāžu laikā tās jau ir kļuvušas ļoti izteiktas. To apstiprina arī izmaiņu tendenču statistiskā analīze, Latvijas teritorijas lielākajā daļā identificējot vērā ņemamu līdz ļoti būtisku minimālās gaisa temperatūras vērtību paaugstināšanās tendenci (3.28. attēls). Salīdzinot ar klimatiskās references periodu, gada siltākajām naktīm raksturīgās minimālās gaisa temperatūras vērtības ir paaugstinājušās par  $0,2\dots1,2^{\circ}\text{C}$ , visbūtiskāk skarot Ventspils, Skultes un Priekuļu meteoroloģisko novērojumu stacijas.



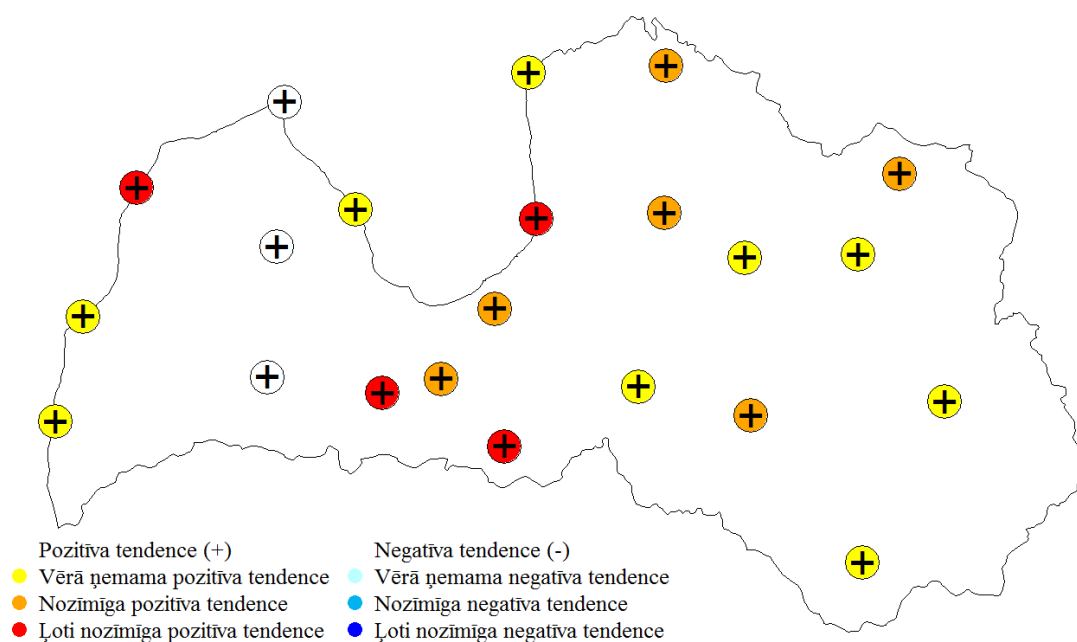
3.25.attēls. Ilggadīgā vidējā gada maksimālā diennakts minimālā gaisa temperatūra (°C) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



3.26.attēls. Gada maksimālās diennakts minimālās gaisa temperatūras izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



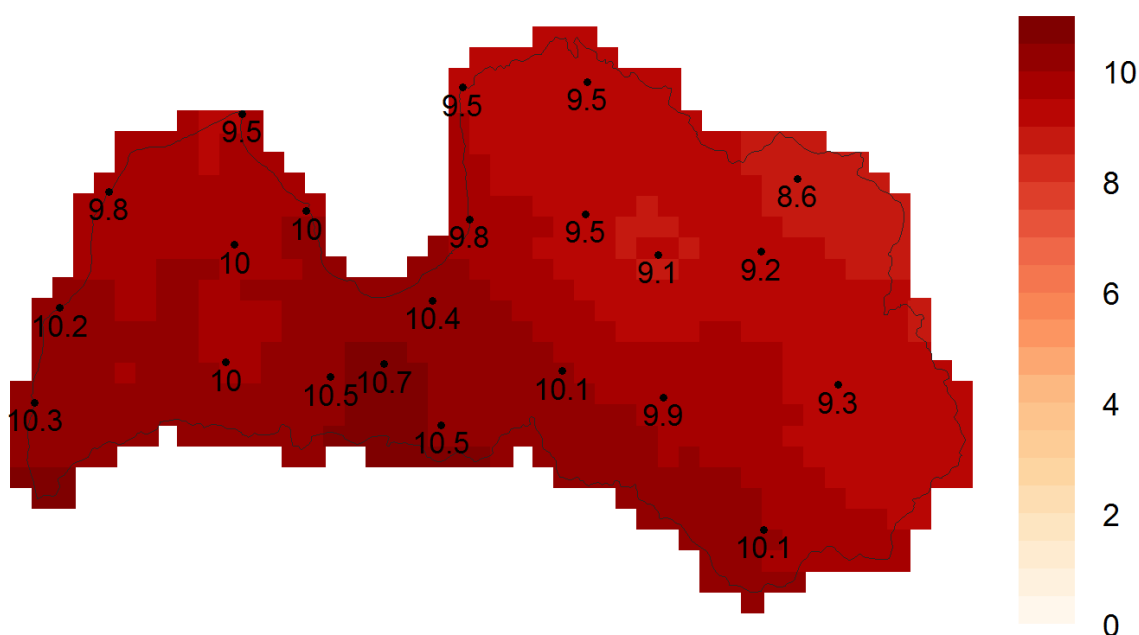
3.27.attēls. Gada maksimālās diennakts minimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



3.28.attēls. Gada maksimālās diennakts minimālās gaisa temperatūras vērtību ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

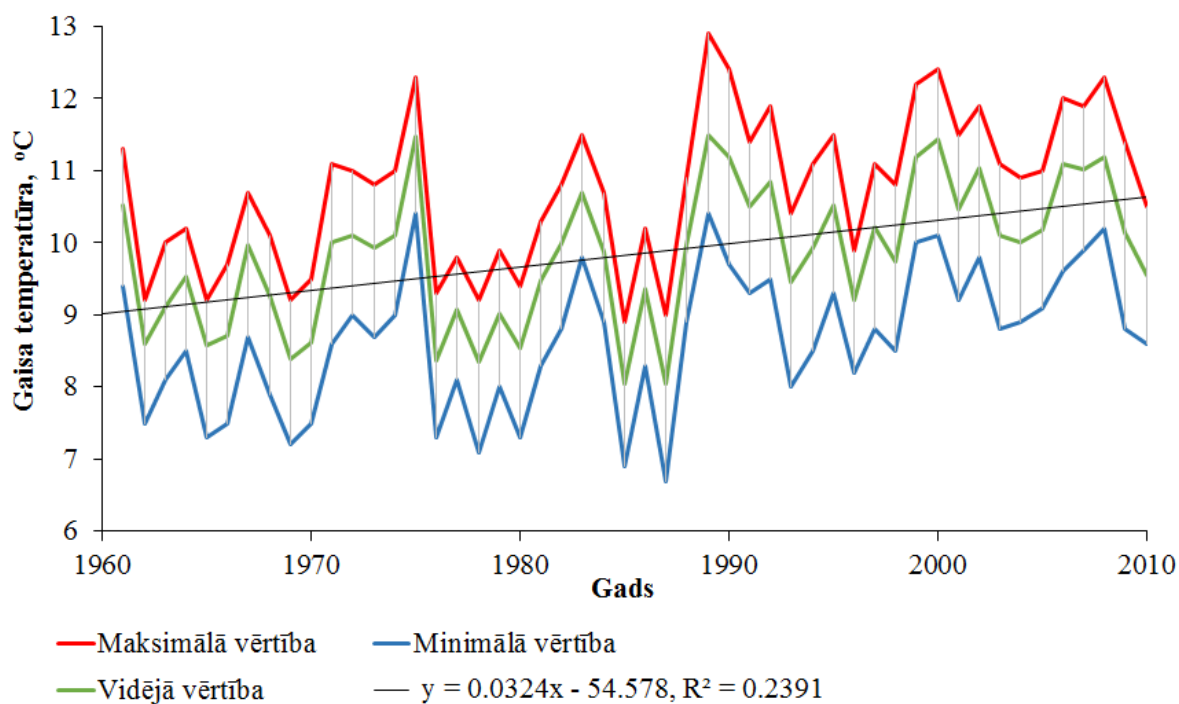
### Vidējā maksimālā gaisa temperatūra

Diennakts maksimālā gaisa temperatūra raksturo tās siltāko brīdi, kas parasti tiek novērots pēcpusdienas stundās, savukārt gada vidējā maksimālā gaisa temperatūra raksturo visu gada dienu maksimālo gaisa temperatūru vidējo vērtību. Latvijas teritorijā ilggadīgajā laika periodā raksturīga +8,6...+10,7°C augsta gada vidējā maksimālā gaisa temperatūra, kuras augstākās vērtības novērojamas valsts dienvidu rajonos (3.29. attēls).

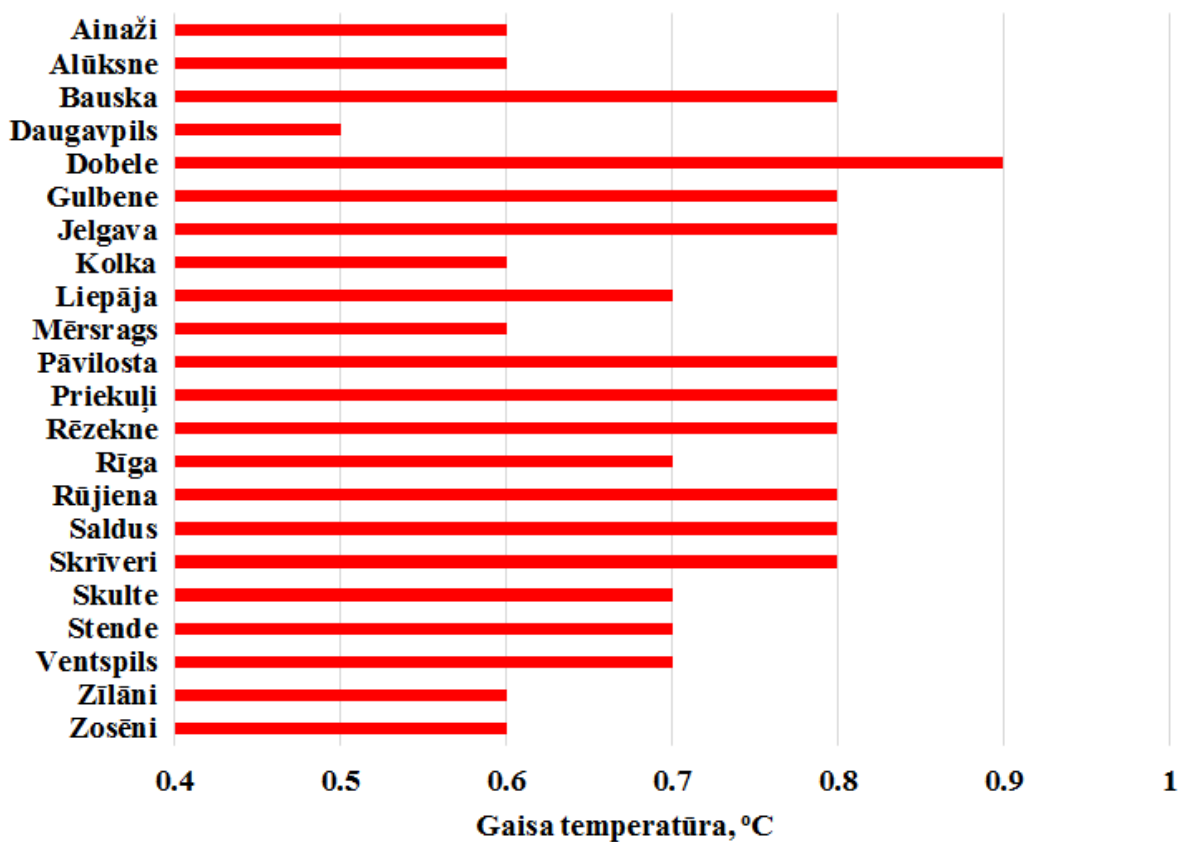


3.29.attēls. Ilggadīgā gada vidējā maksimālā gaisa temperatūra (°C) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Apskatītajā periodā gada vidējās maksimālās gaisa temperatūras vērtības vidēji Latvijā svārstījušās no +8° līdz +11,48°C, bet gan tās minimālās, gan arī maksimālās vērtības konstatētas pagājušā gadsimta 80-jos gados, kad 1987. gadā gada vidējā maksimālā gaisa temperatūra nepārsniedza +6,7°C, un 1989. gadā, kad tā Dobelē sasniedza pat +12,9°C (3.30. attēls). Kopumā gada vidējās maksimālās gaisa temperatūras dinamikā novērojams periods, kas izteikti atšķiras no kopumā periodā identificētās gaisa temperatūras vērtību paaugstināšanās tendences: laika periodā no 1976. līdz 1987. gadam gada vidējās maksimālās gaisa temperatūras vērtības bijušas izteikti stabili zemas.

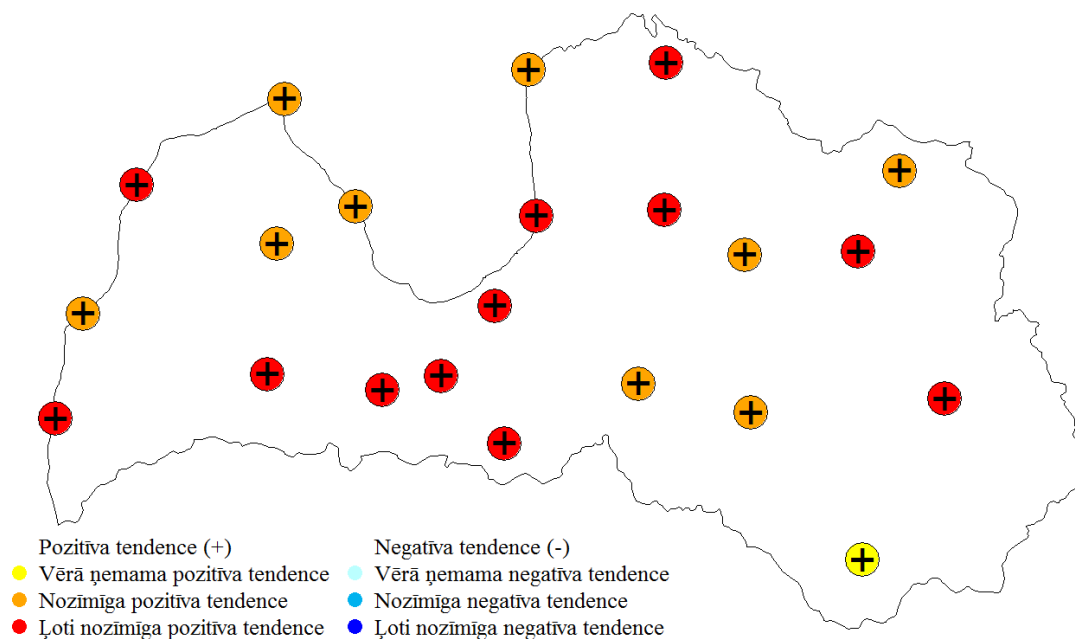


3.30.attēls. Gada vidējās maksimālās gaisa temperatūras izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



3.31.attēls. Gada vidējās maksimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

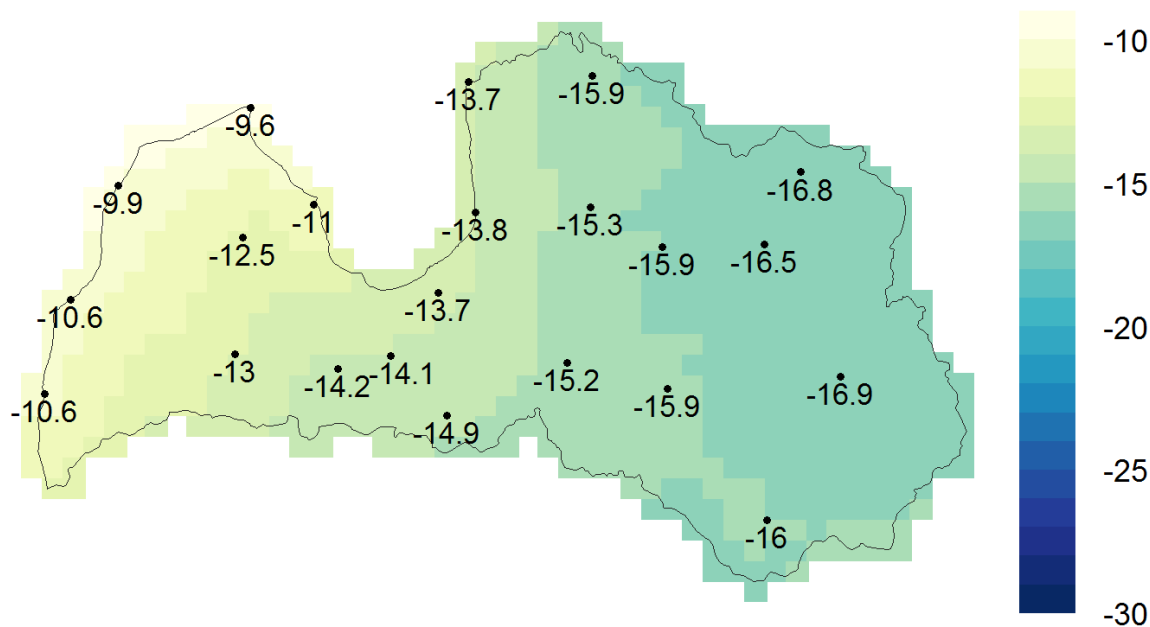
Mūsdienās gada vidējās maksimālās gaisa temperatūras vērtības, salīdzinot ar references periodu, Latvijas meteoroloģisko novērojumu stacijās ir paaugstinājušās par 0,5 līdz 0,9°C (3.31. attēls). Turklāt pētījumā iekļauto novērojumu datu rindu analīzes laikā tika atklāts, ka gada vidējai maksimālajai gaisa temperatūrai raksturīgā izteiktā paaugstināšanās tendence valsts teritorijas lielākajā daļā ir statistiski ļoti būtiska (3.32. attēls).



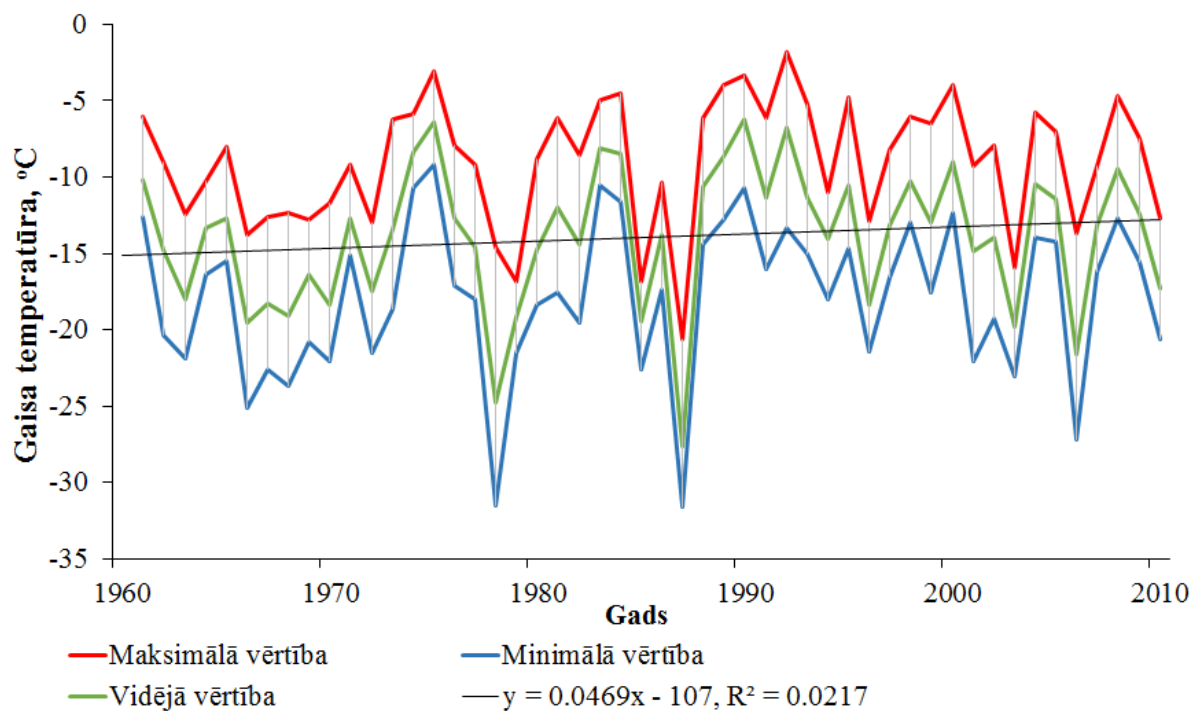
3.32.attēls. Gada vidējās maksimālās gaisa temperatūras vērtību ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Gada minimālā diennakts maksimālās gaisa temperatūras vērtība raksturo augstāko gaisa temperatūru, kas novērota gada aukstākās dienas laikā, un tā Latvijas teritorijā vidēji ir no -9,6°C Kolkā līdz -16,9°C Latvijas austrumu rajonos (3.33. attēls). Laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam gada minimālās diennakts maksimālās gaisa temperatūras vērtības vidēji Latvijā svārstījušās -6,17...-27,65°C robežās, un tās absolūtais minimums konstatēts 1987. gadā Rēzeknē, kad aukstākās diennakts laikā maksimālā gaisa temperatūra nav pārsniegusi -31,6°C, savukārt absolūtais maksimums konstatēts Ventspilī 1992. gadā, kad pat aukstākajās gada dienās gaisa temperatūra ir bijusi virs -1,8°C (3.34. attēls).



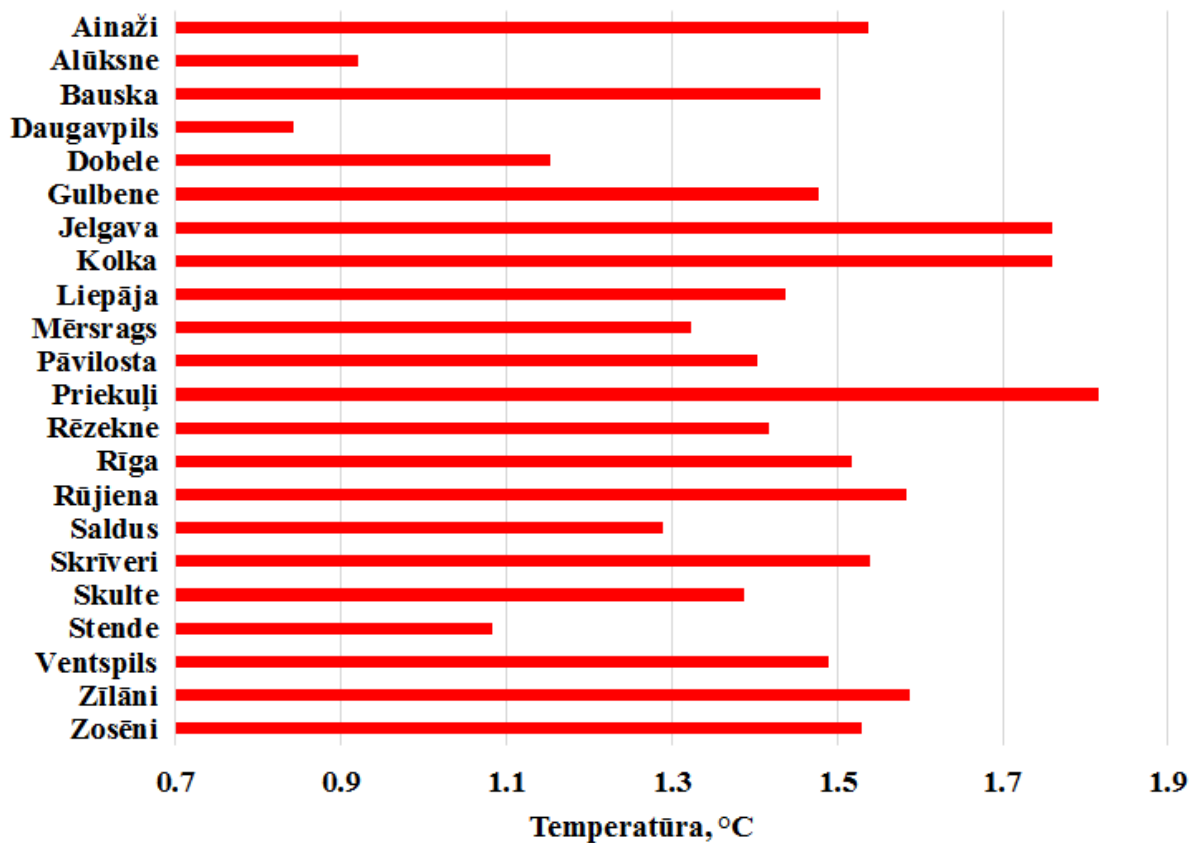


3.33.attēls. Ilggadīgā vidējā gada minimālā diennakts maksimālā gaisa temperatūra (°C) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

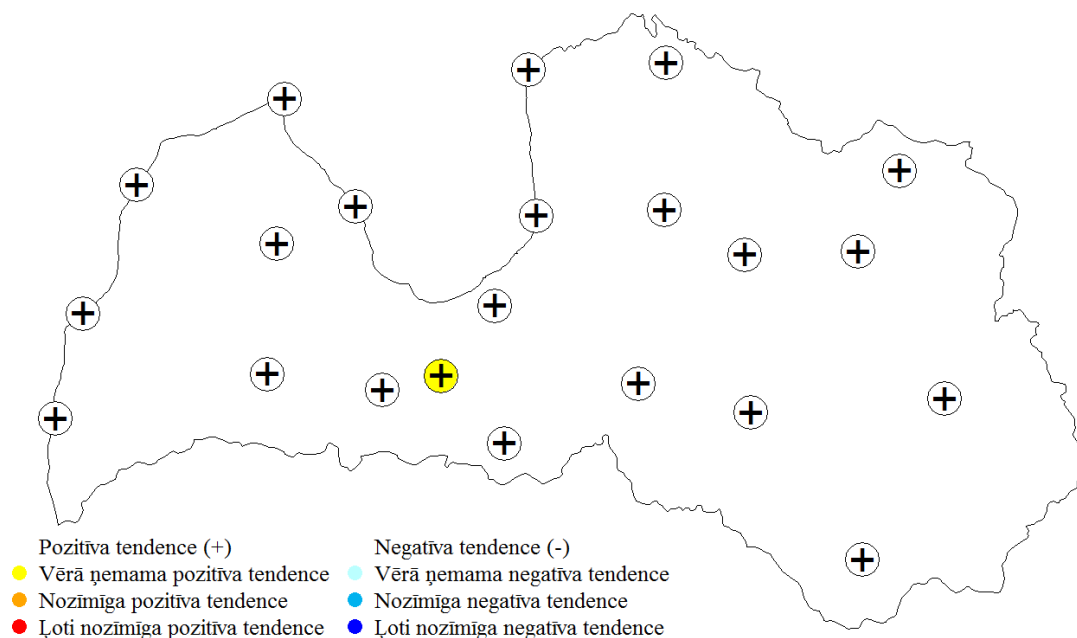


3.34.attēls. Gada minimālās diennakts maksimālās gaisa temperatūras izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Kopumā šim gaisa temperatūras rādītājam ilggadīgajā laika periodā nav raksturīgas būtiskas izmaiņu tendences (3.36. attēls), tomēr mūsdienās tā vērtības ir 0,7...1,8°C augstākas nekā klimatiskās references periodā (3.35. attēls).

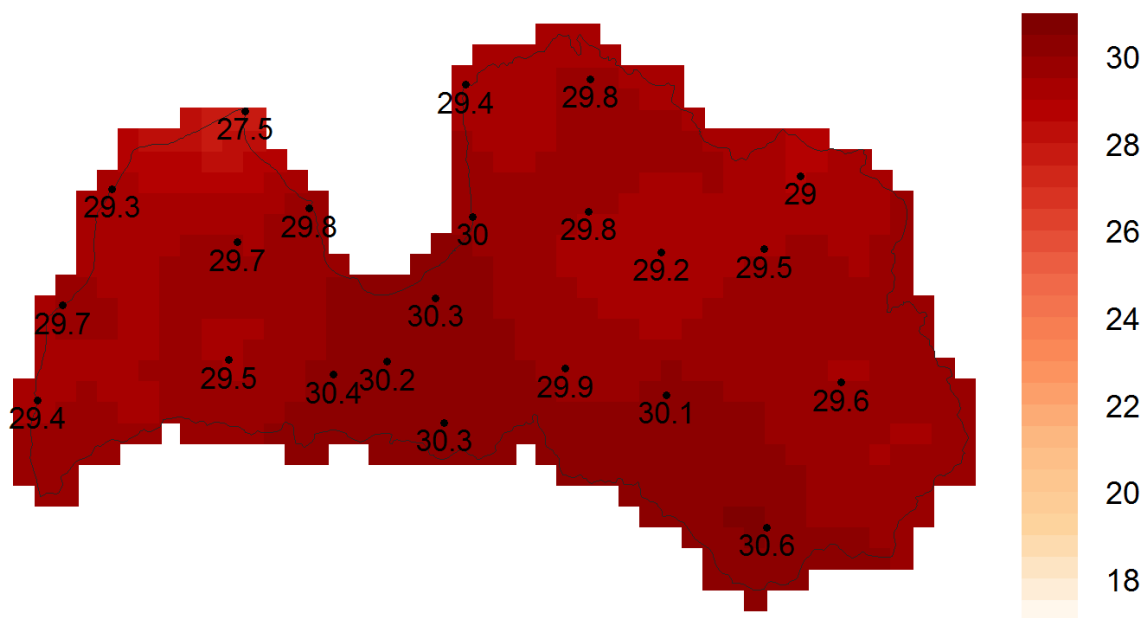


3.35.attēls. Gada minimālās diennakts maksimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



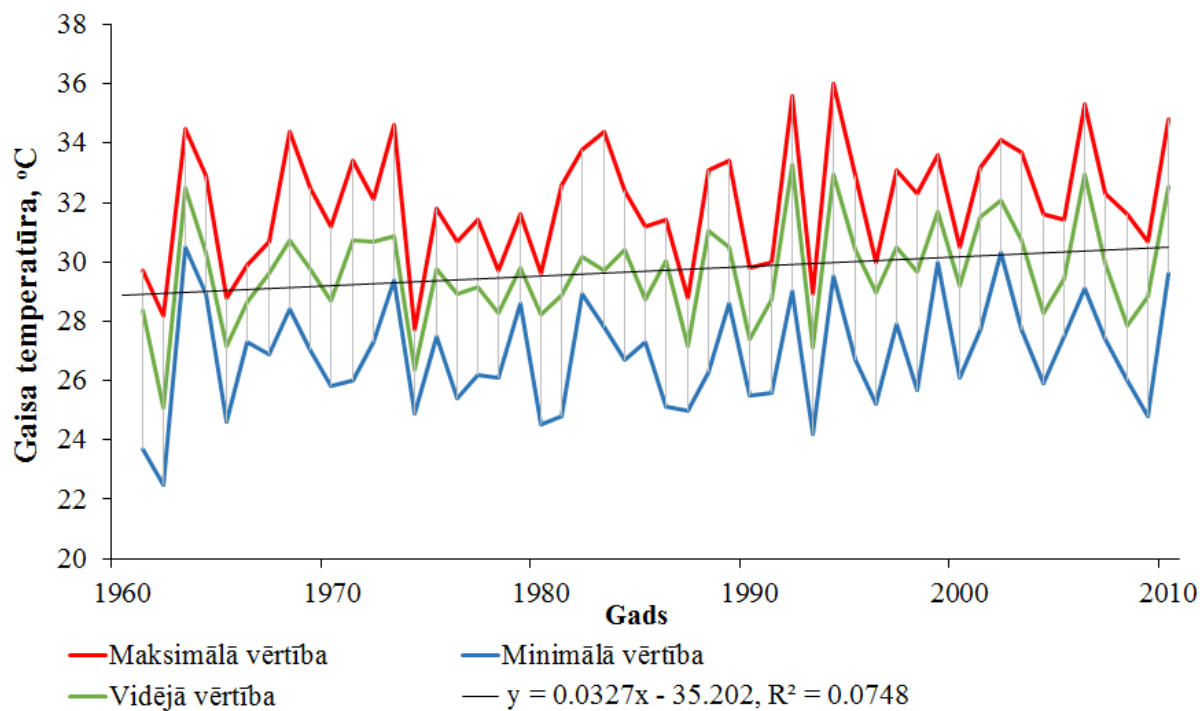
3.36.attēls. Gada minimālās diennakts maksimālās gaisa temperatūras vērtību ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Gada maksimālās gaisa temperatūras vērtības raksturo augstāko gada laikā novēroto gaisa temperatūru, kas raksturīga īpaši karstām dienām vasaras laikā. Vidēji Latvijā gada maksimālā gaisa temperatūra ir no +27,5°C Kolkā līdz +30,6°C Rēzeknē (3.37. attēls).

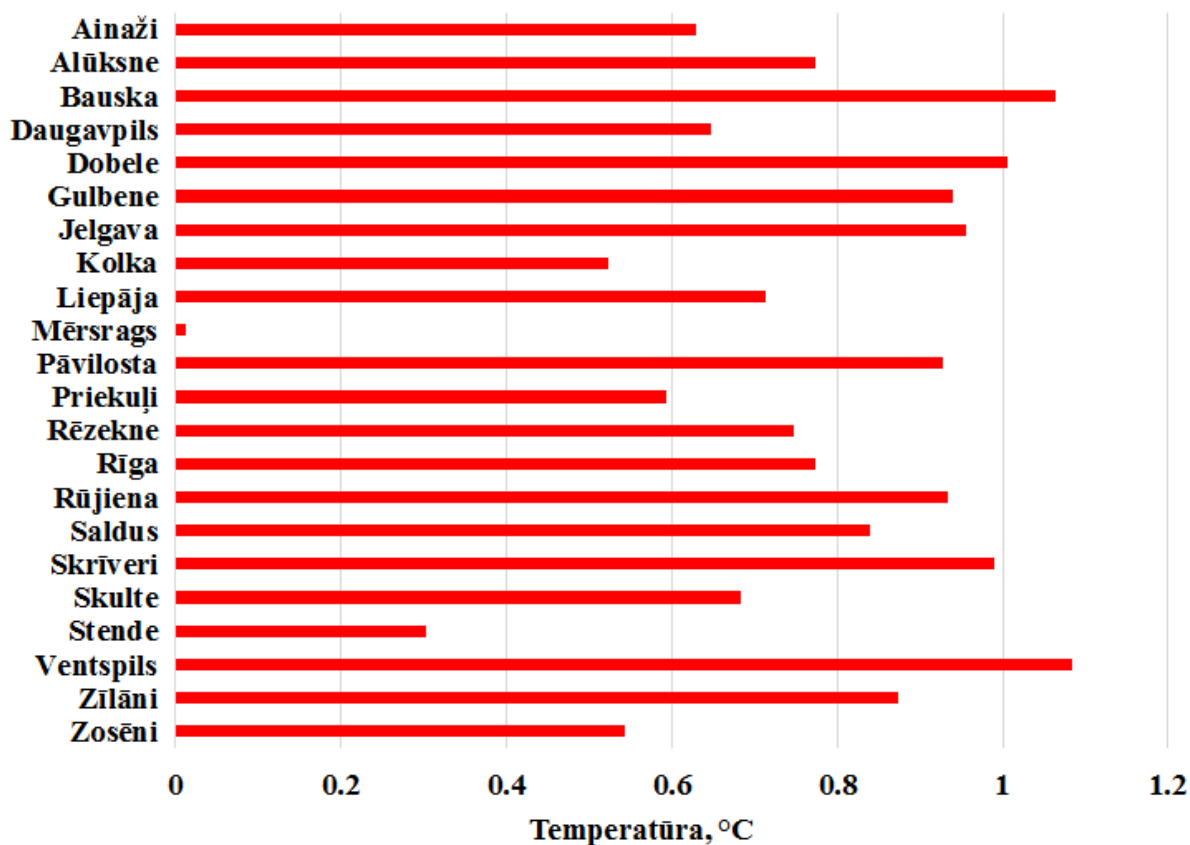


3.37.attēls. Ilggadīgā vidējā gada maksimālā gaisa temperatūra (°C) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Vidēji Latvijā gada maksimālā gaisa temperatūra svārstās +25,09° un +33,28°C robežās (3.38. attēls). Apskatītajā laika periodā ir bijuši tikai 10 gadi, kad gaisa temperatūra nevienā meteoroloģisko novērojumu stacijā nav pārsniegusi +30°C atzīmi, šie gadi galvenokārt novēroti perioda sākumā: 1961., 1962., 1965., 1966., 1974., 1978., 1980., 1987., 1990., 1993. Vēsturiski viszemākā gada maksimālā gaisa temperatūra novērota Kolkā 1962. gadā, kad neviena diena nav bijusi siltāka par +22,5°C. Savukārt viskarstākā diena apskatītajā periodā novērota 1994. gadā Jelgavā, kad maksimālā gaisa temperatūra sasniegusi +36°C. Tomēr, līdzīgi kā gada minimālās gaisa temperatūras vērtībām, arī gada maksimālo gaisa temperatūru absolūti maksimālās Latvijā novērotās vērtības ir datētas laikā ārpus šajā pētījumā iekļautā novērojumu perioda. Latvijā līdz šim augstākā novērotā gaisa temperatūra reģistrēta 2014. gada 4. augustā Ventspilī, kad gaiss sakarsa līdz pat +37,8°C, tādējādi pārsniedzot iepriekšējā dienā (2014. gada 3. augustā) sasniegtos +36,7°C un atkārtoti labojot iepriekšējo pirms gandrīz 70 gadiem tajā pašā datumā Daugavpilī (1943. gada 4. augustā) uzstādīto rekordu +36,4°C.

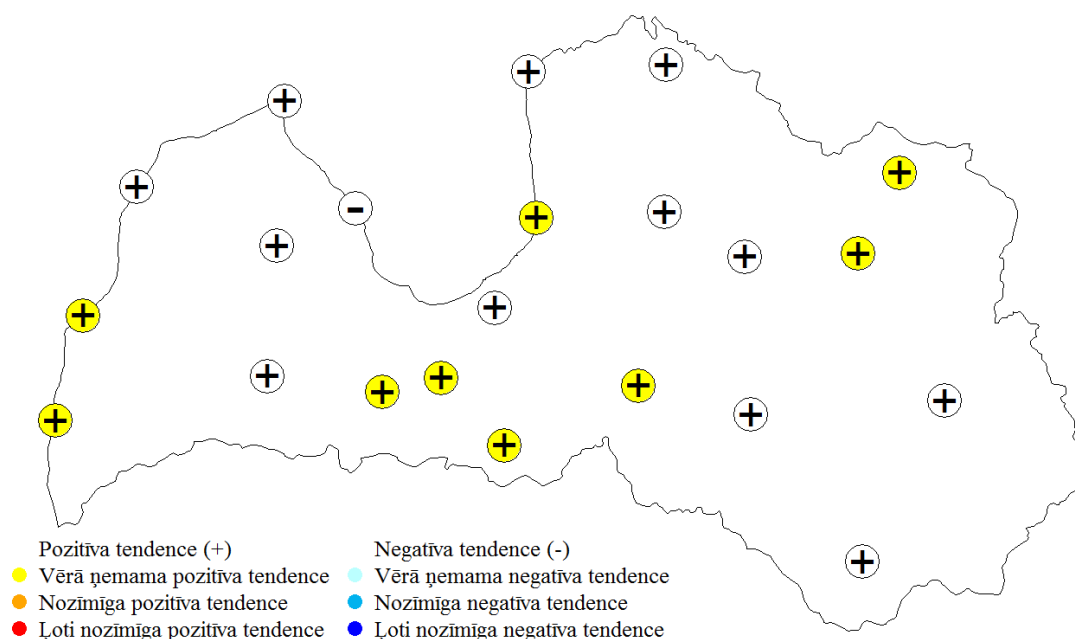


3.38.attēls. Gada maksimālās gaisa temperatūras izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



3.39.attēls. Gada maksimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

Gada maksimālajām gaisa temperatūrām mūsdienās raksturīgas par 0,2...1,1°C augstākas vērtības kā references periodā (3.39. attēls). Vislielākās izmaiņas novērotas Ventspils, Bauskas un Dobeles meteoroloģisko novērojumu stacijās, savukārt Mērsraga novērojumu stacijā maksimālās gaisa temperatūras vērtības gandrīz nav mainījušās. Ilggadīgajā periodā gada maksimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas ir bijušas nelielas, un tikai 7 meteoroloģisko novērojumu stacijās analīzes gaitā ir konstatētas vērā ņemamas gaisa temperatūras vērtību paaugstināšanās tendences (3.40. attēls).

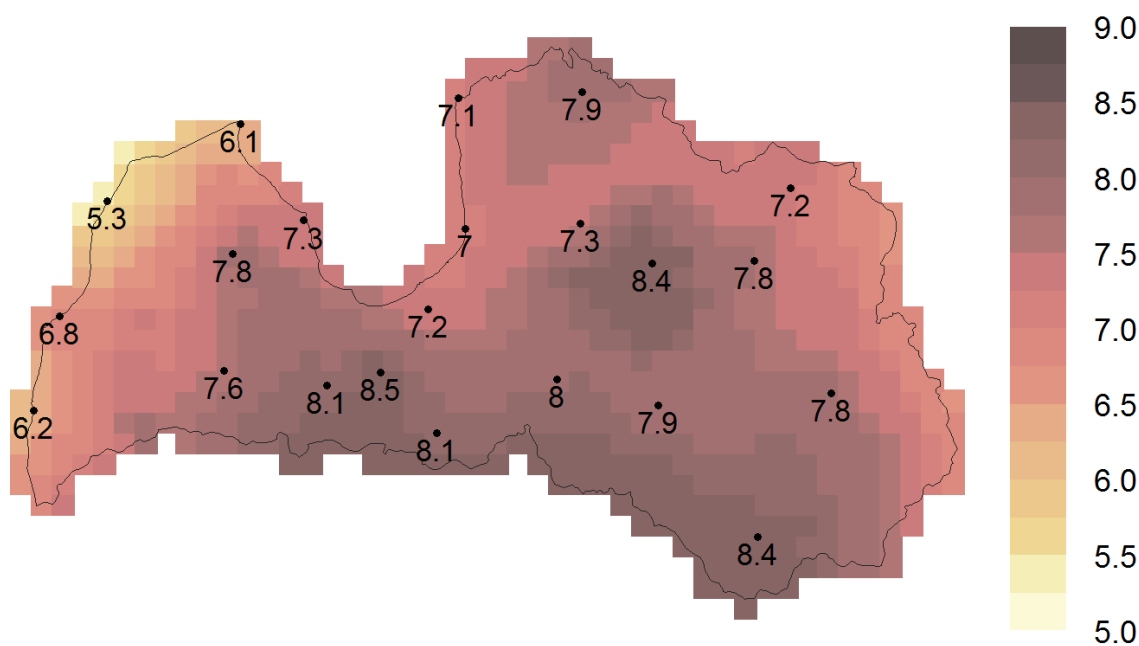


3.40.attēls. Gada maksimālās gaisa temperatūras vērtību ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

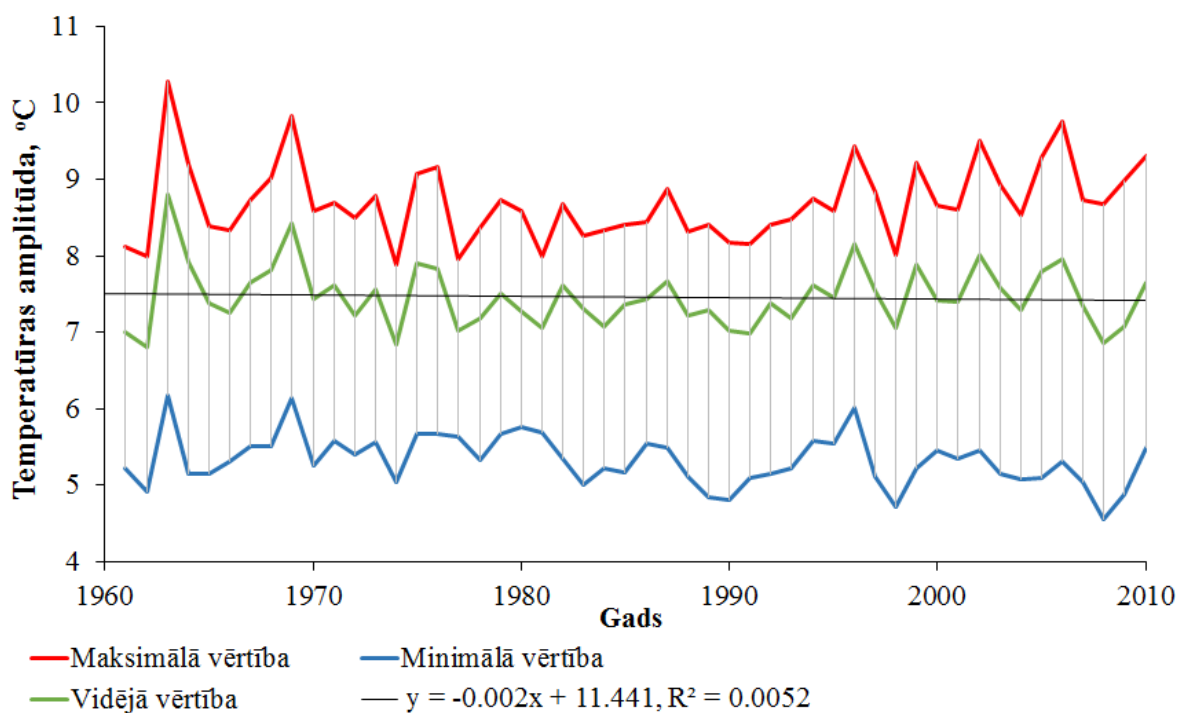
### **Vidējā diennakts gaisa temperatūras amplitūda**

Līdzšinējo pētījumu gaitā ir pierādīts, ka attiecībā uz gaisa temperatūras paaugstināšanos globālā mērogā diennakts gaisa temperatūras amplitūdas analīze sniedz papildus informāciju ierastajai maksimālās, minimālās un vidējās gaisa temperatūras analīzei. Izmaiņas maksimālajā un minimālajā gaisa temperatūrā ir cieši saistītas ar izmaiņām vidējā gaisa temperatūrā, turklāt ilglaicīgā periodā šīs izmaiņas ietekmē iekšējās klimatiskās svārstības, savukārt diennakts gaisa temperatūras diapazonu šīs svārstības ietekmē daudz mazākā mērā (Braganza et al., 2004). Gaisa temperatūras diennakts amplitūda parāda atšķirību starp diennakts minimālās un maksimālās gaisa temperatūras vērtībām jeb starp diennakts siltāko un aukstāko brīdi. Līdz ar

to gadījumos, kad gaisa temperatūrai novērojama izteikta diennakts gaita, piemēram, kontinentālos skaidra laika apstākļos, šī amplitūda būs lielāka nekā gadījumos, kad, piemēram, mākoņainā laikā diennakts minimālās un maksimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas nav tik straujas. Līdz ar to arī ilggadīgajā periodā lielākas gada vidējās diennakts gaisa temperatūras amplitūdas vērtības novērojamas Latvijas iekšzemes rajonos, kur tā ir no 7,2 līdz 8,5°C, savukārt valdošajiem rietumu puses vējiem pretējās piekrastēs nepārsniedz 6,1...7,1°C (3.41. attēls). Analizētajā periodā vidēji Latvijā diennakts gaisa temperatūras amplitūdas svārstības bijušas nelielas (6,8...8,8°C), un vēsturiski viszemākā gada vidējā diennakts gaisa temperatūras amplitūda – 4,55°C – novērota 2008. gadā Ventspilī, savukārt visaugstākā – 1963. gadā Zosēnos, kad tā sasniedza 10,28°C (3.42. attēls).

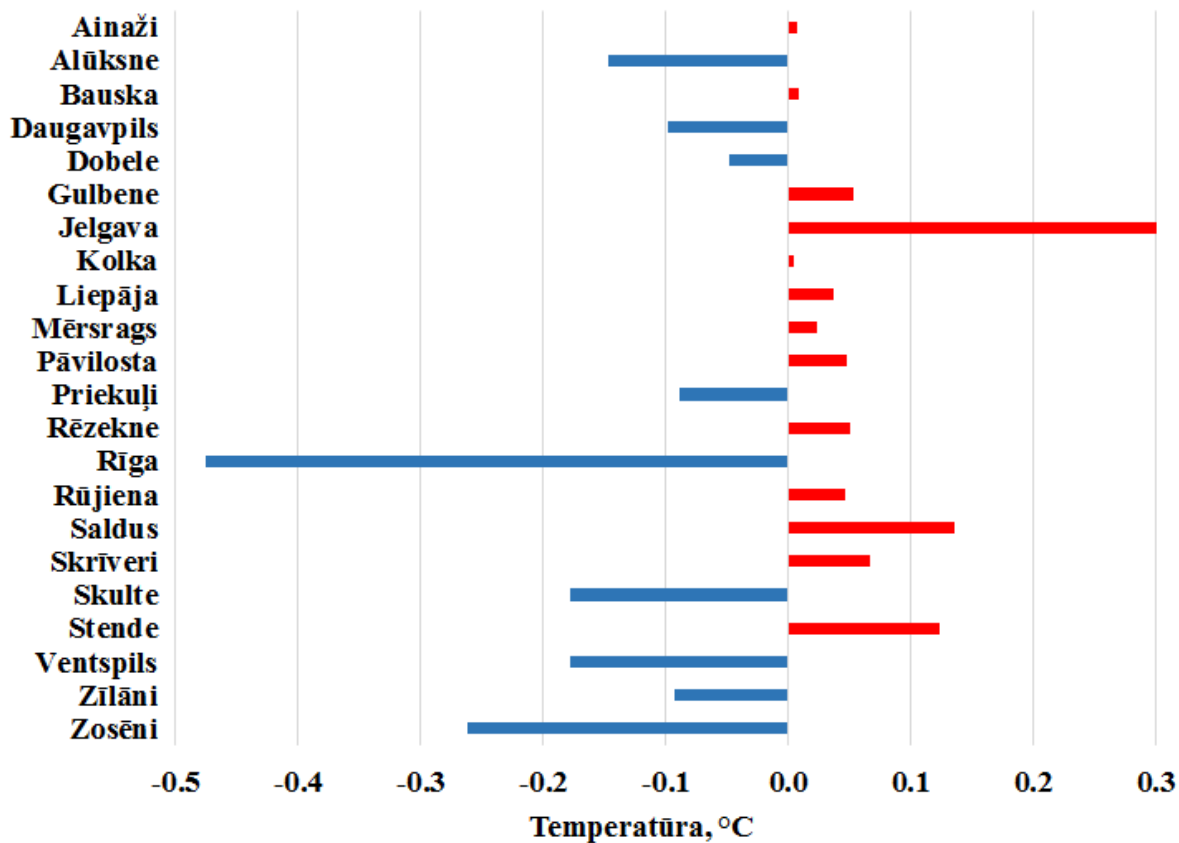


3.41.attēls. Ilggadīgā gada vidējā diennakts gaisa temperatūras amplitūda (°C) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

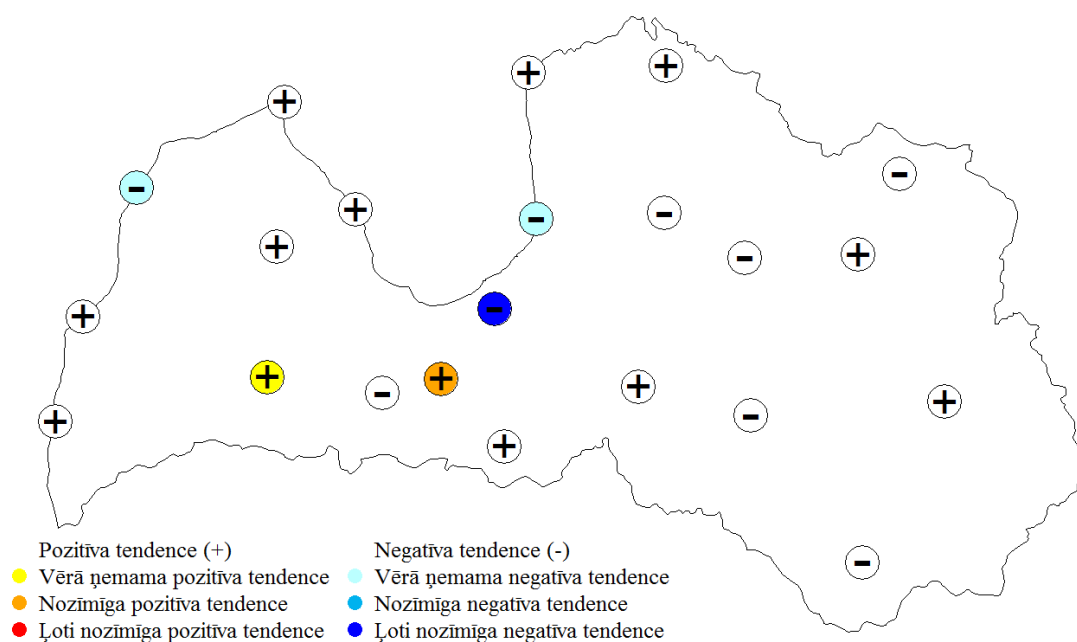


3.42.attēls. Gada vidējās diennakts gaisa temperatūras amplitūdas izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Diennakts temperatūras amplitūdu gada vidējās vērtības analizētajā laika periodā ir bijušas pakļautas pārmaiņām, tomēr šo pārmaiņu izpausmes ir bijušas teritoriāli izteikti atšķirīgas. Salīdzinot mūsdienu periodu ar klimatiskās references periodu, var secināt, ka lielākajā Latvijas teritorijas daļā diennakts gaisa temperatūras vērtības būtiski nav mainījušās (3.43. attēls). Tomēr atsevišķās meteoroloģisko novērojumu stacijās, piemēram, Jelgavā un Saldū, diennakts gaisa temperatūras amplitūda ir palielinājusies, turklāt šīs izmaiņas bijušas arī statistiski vērā ņemamas līdz būtiskas (3.44 attēls). Savukārt Rīgā, Skultē un Ventspilī diennakts gaisa temperatūras amplitūdas vērtības ir vērā ņemami samazinājušās, turklāt Rīgā šīs izmaiņas ir bijušas pat statistiski ļoti būtiskas. Novērojumi rāda, ka globālā mērogā diennakts gaisa temperatūras diapazona vērtības izmaiņu tendences 50 gadu periodā no 1951. gada līdz 2000. gadam ir negatīvas, un globāli diennakts temperatūras diapazons ir samazinājies par  $0,4^{\circ}\text{C}$ , kas saistīts ar straujāku minimālās gaisa temperatūras paaugstināšanos (Braganza et al., 2004). Kā arī globālās temperatūras analīzes rāda, ka vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās daļēji arī ir saistīta ar diennakts gaisa temperatūras diapazona sašaurināšanos, ko rada atšķirības diennakts minimālās un maksimālās gaisa temperatūras paaugstināšanās apmēros (Easterling et al., 1997). Līdzīgas tendences novērojamas arī Eiropā, kur minimālās gaisa temperatūras vērtību pieaugums ir bijis ievērojamāks par maksimālās gaisa temperatūras pieaugumu (Klein Tank, 2004).



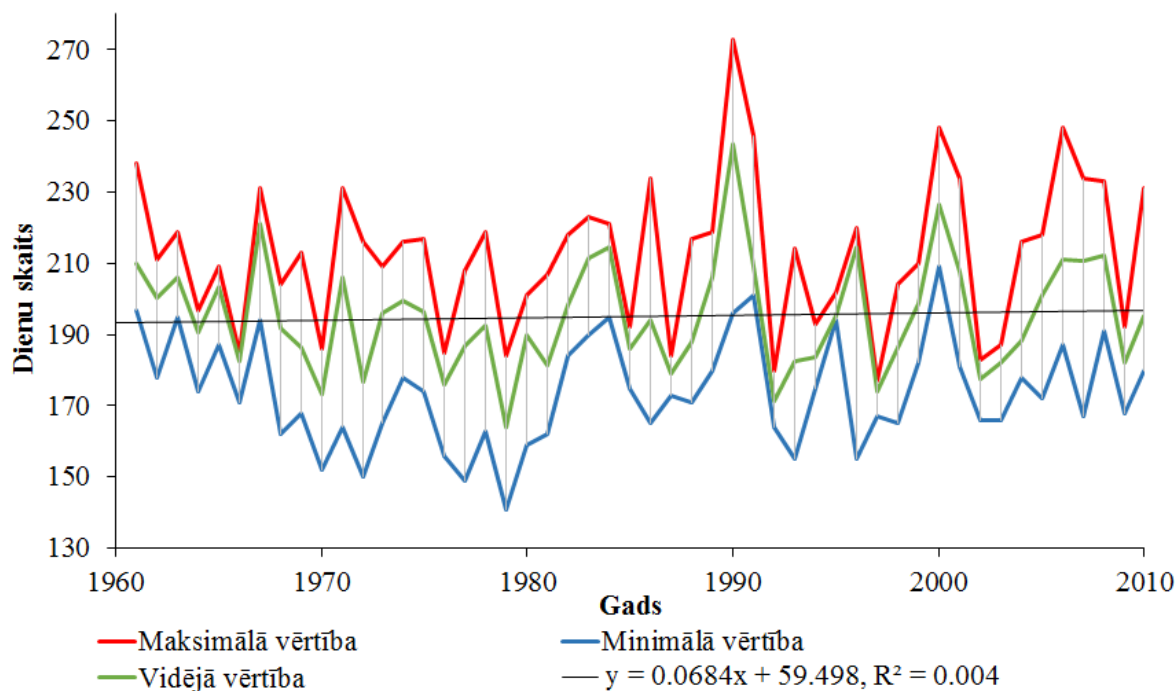
3.43.attēls. Gada vidējās diennakts gaisa temperatūras amplitūdu vērtību izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās referenču periodu (1961.-1990. g.)



3.44.attēls. Gada vidējās diennakts gaisa temperatūras amplitūdas vērtību ilgtermiņa izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

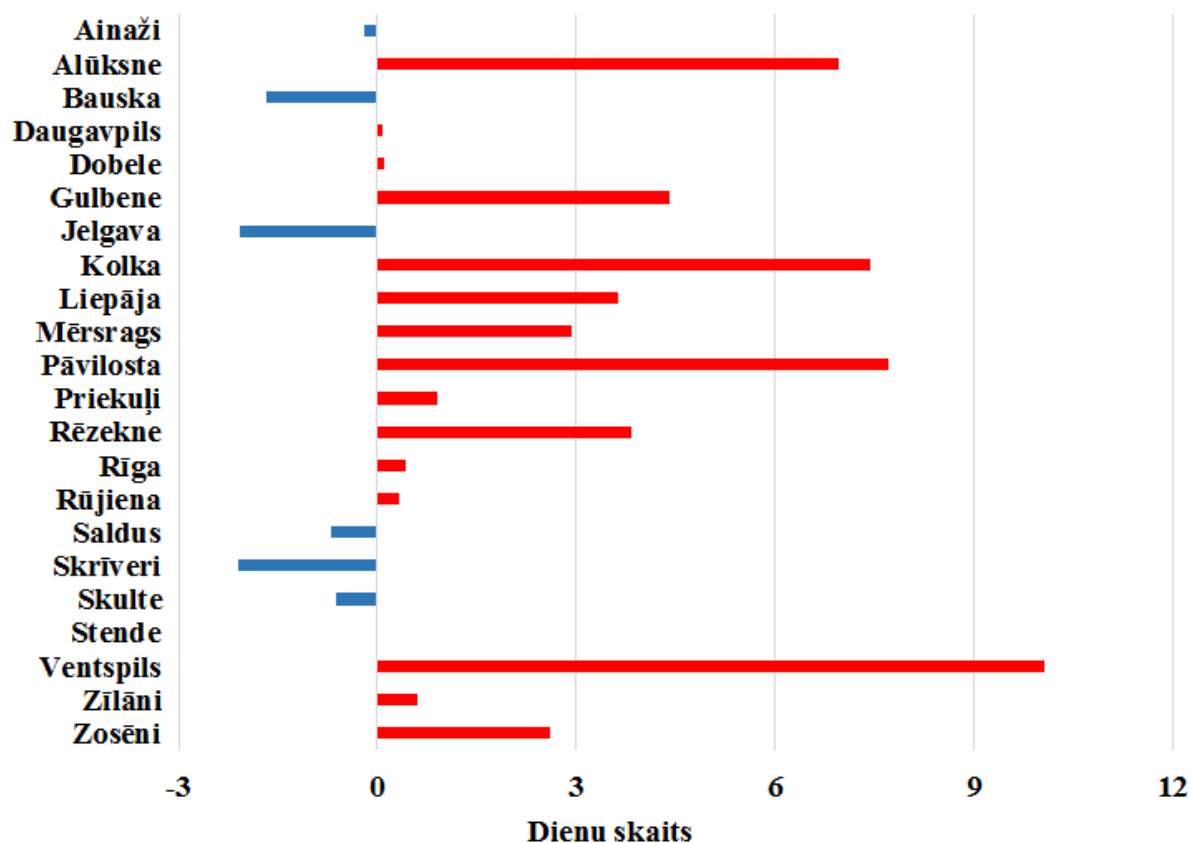




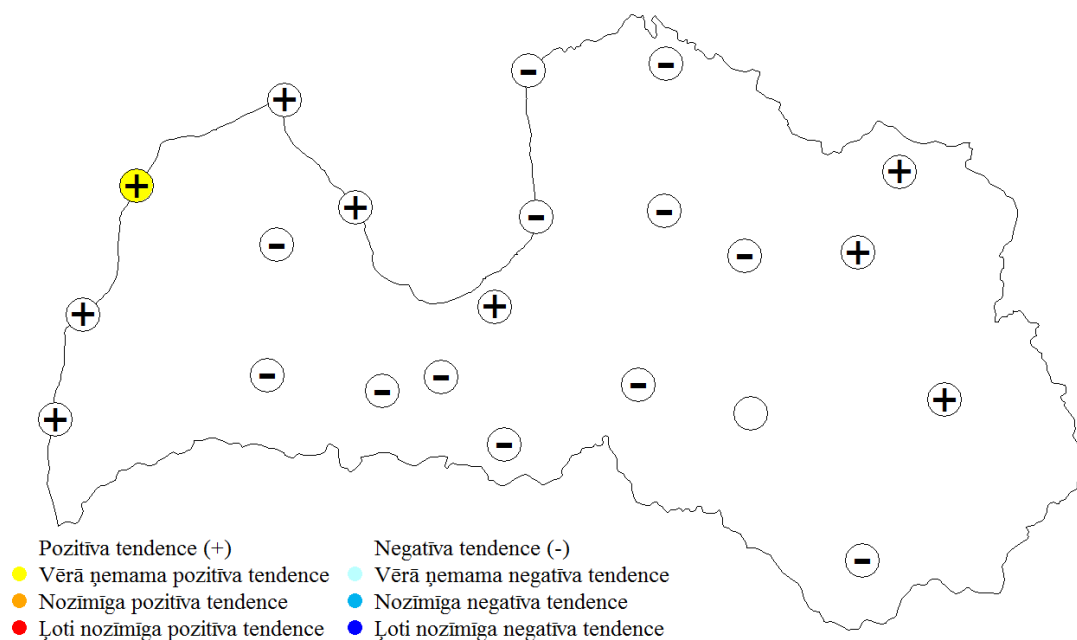


3.46.attēls. Augšanas sezonas ilguma izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Lai gan augšanas sezonas ilgums ir cieši saistīts ar gaisa temperatūras izmaiņām, līdzšinējā novērotā gaisa temperatūras paaugstināšanās Latvijā nav izraisījusi statistiski būtisku augšanas sezonas ilguma palielināšanos (3.47. un 3.48. attēls). Vienīgā meteoroloģisko novērojumu stacija, kurā novērota statistiski vērā ņemama augšanas sezonas ilguma palielināšanās, ir Ventspils, kur, salīdzinot ar klimatiskās references periodu, mūsdienās augšanas sezona ir par 10 dienām ilgāka.



3.47.attēls. Augšanas sezonas ilguma izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



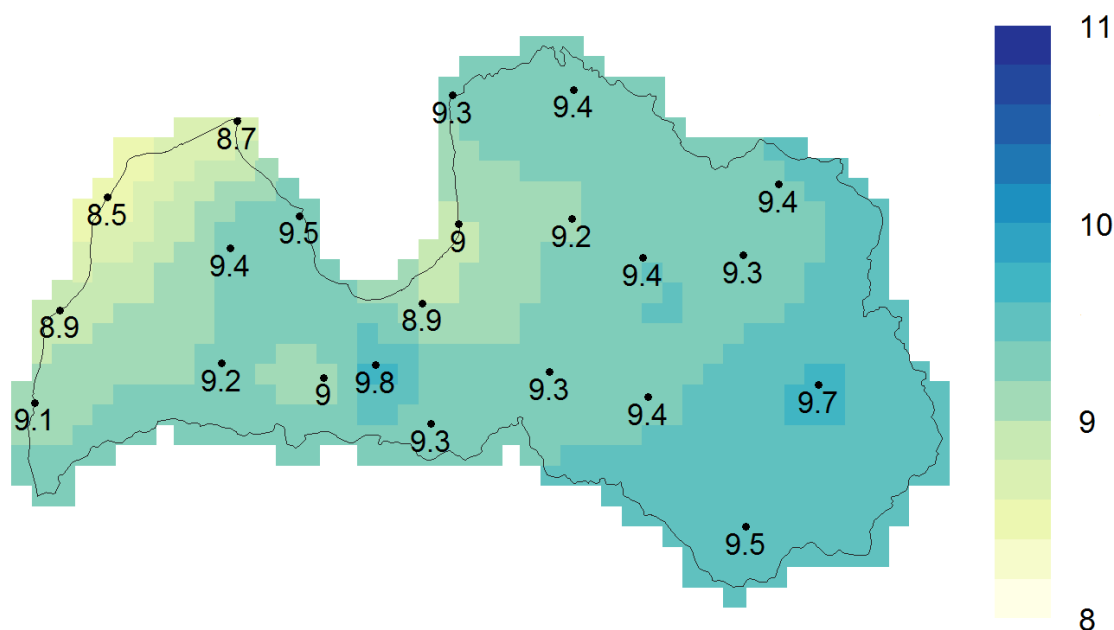
3.48.attēls. Augšanas sezonas ilguma ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### ***3.1.2. Ekstremālo gaisa temperatūras rādītāju izmaiņas Latvijā***

Gaisa temperatūra ir viens no plašāk pētītajiem meteoroloģiskajiem parametriem kontekstā ar tā ekstremālo vērtību ietekmi uz cilvēka veselību un dzīvību. Izmaiņas temperatūras ekstremālajās vērtībās var ietekmēt cilvēka aktivitātes daudz ievērojamāk nekā izmaiņas vidējā temperatūrā (The BACC II Author Team, 2015). Aprēķināto ekstremālu gaisa temperatūru raksturojošo indeksu analīzes un interpretācijas rezultātiem ir liela nozīme ar potenciāli bīstamiem laika apstākļiem saistītu ārkārtas situāciju darbību plānošanā, turklāt analīzē identificētās indeksu izmaiņas līdzšinējo klimata pārmaiņu kontekstā var sniegt nozīmīgu informāciju, kas palīdz izprast klimatiskos apstākļus un to izmaiņas nākotnē (Antonio, 2008). Pētījumos lielākoties ir noskaidrots, ka ilggadīgajā laika periodā lielākajā pasaules daļā siltās dienas un naktis ir kļuvušas biežākas, savukārt auksto dienu un nakšu kļūst mazāk (IPCC, 2014). Arī Latvijā aptuveni pēdējo 85 gadu laikā ir norisinājušās izmaiņas ekstremālas gaisa temperatūras raksturā. Līdzšinējā ekstremālu klimata rādītāju izmaiņu tendenču analīze ir uzrādījusi būtisku ekstremāli karstu dienu un nakšu skaita pieaugumu, savukārt ekstremāli zemu temperatūru un aukstu dienu skaita samazināšanos (Avotniece et al., 2010).

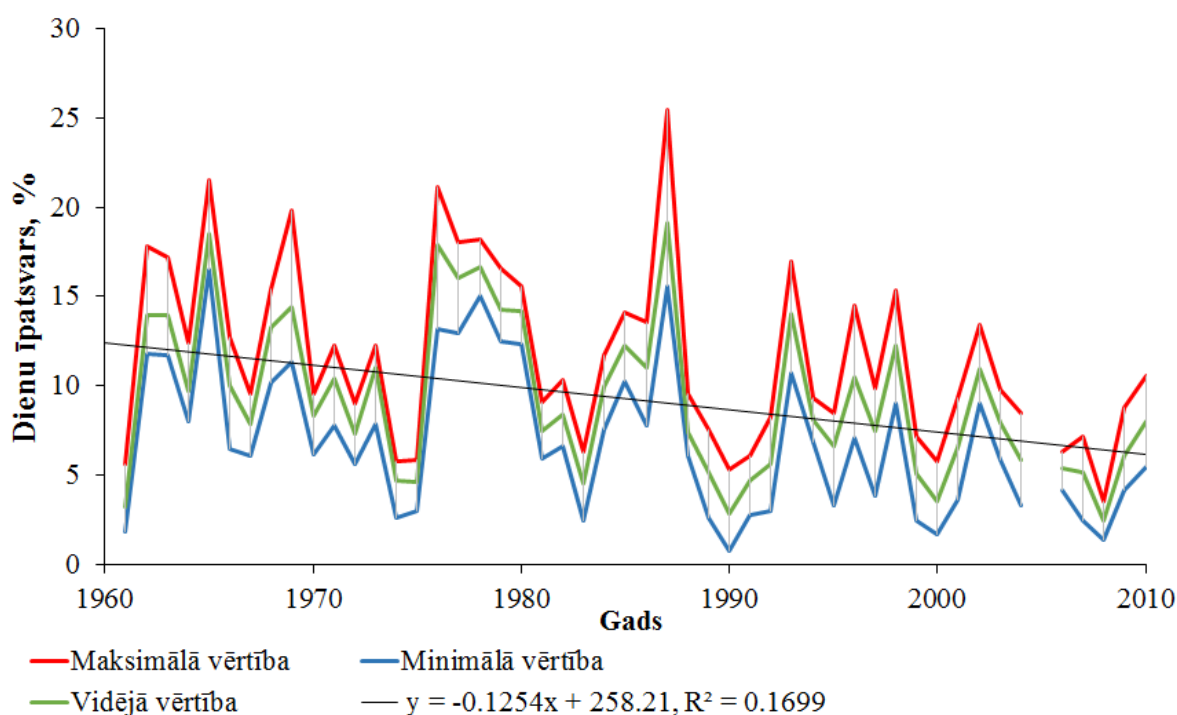
#### **Aukstas un siltas diennaktis**

Par aukstām vai siltām diennaktīm tiek uzskatītas diennaktis, kuru vidējā gaisa temperatūra ir zemāka vai augstāka par 1961.-1990. gada perioda diennakts vidējās gaisa temperatūras 10. vai atbilstoši 90. procentīles vērtību, un šī pētījuma ietvaros tiek apskatīts kopējais šādu diennakšu īpatsvars (%) kalendārā gada ietvaros.

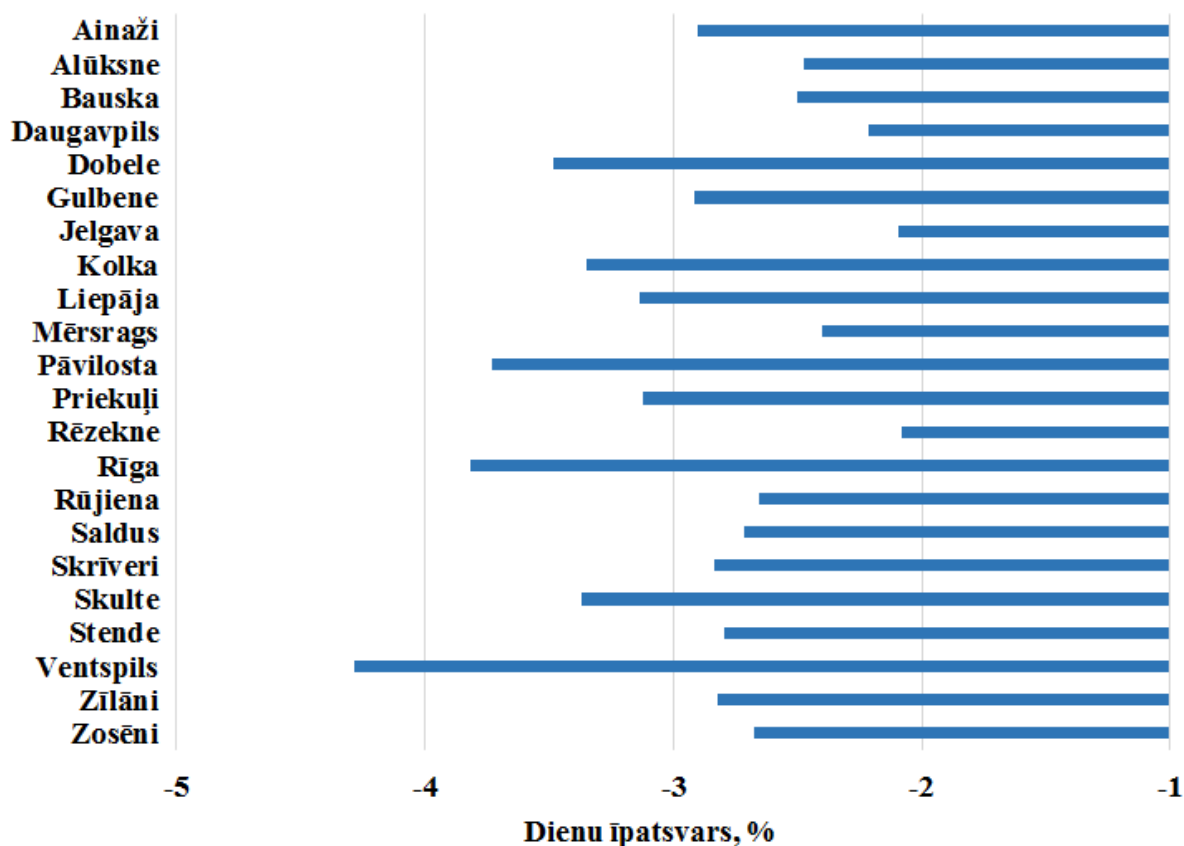


3.49.attēls. Ilggadīgais vidējais aukstu diennakšu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam Latvijā vidēji 8,5 līdz 9,7% diennakšu gada ietvaros ir aukstas diennaktis (3.49. attēls), un lielāks aukstu diennakšu daudzums raksturīgs Latvijas teritorijas austrumu daļā, Zemgalē, kā arī Kurzemes centrālajā un austrumu daļā. Mazāk aukstu diennakšu vidēji tiek novērots Latvijas rietumu piekrastēs.

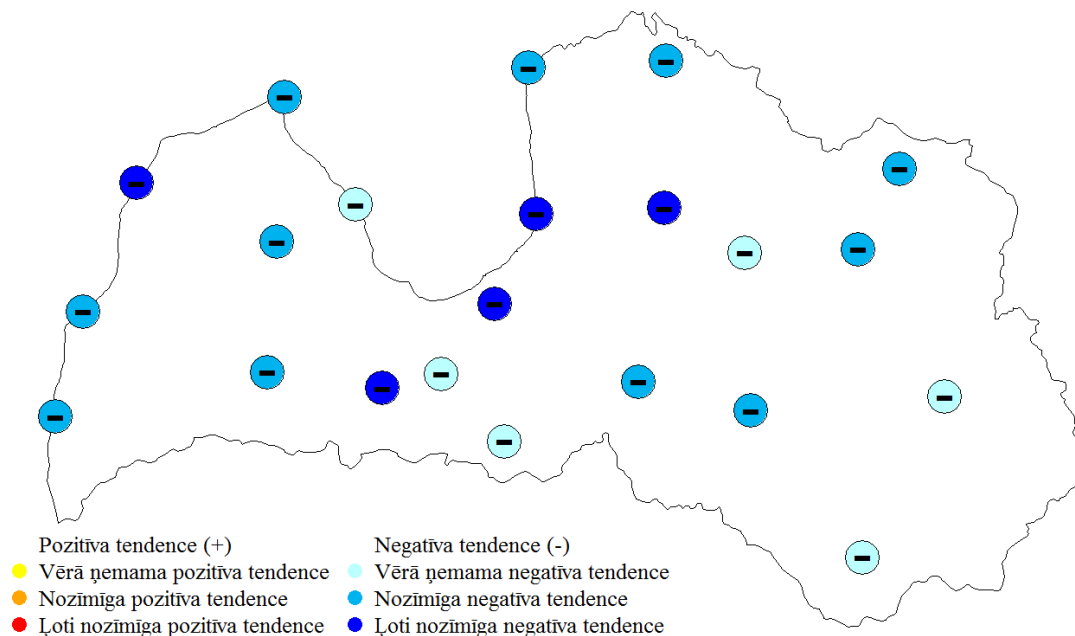


3.50.attēls. Aukstu diennakšu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



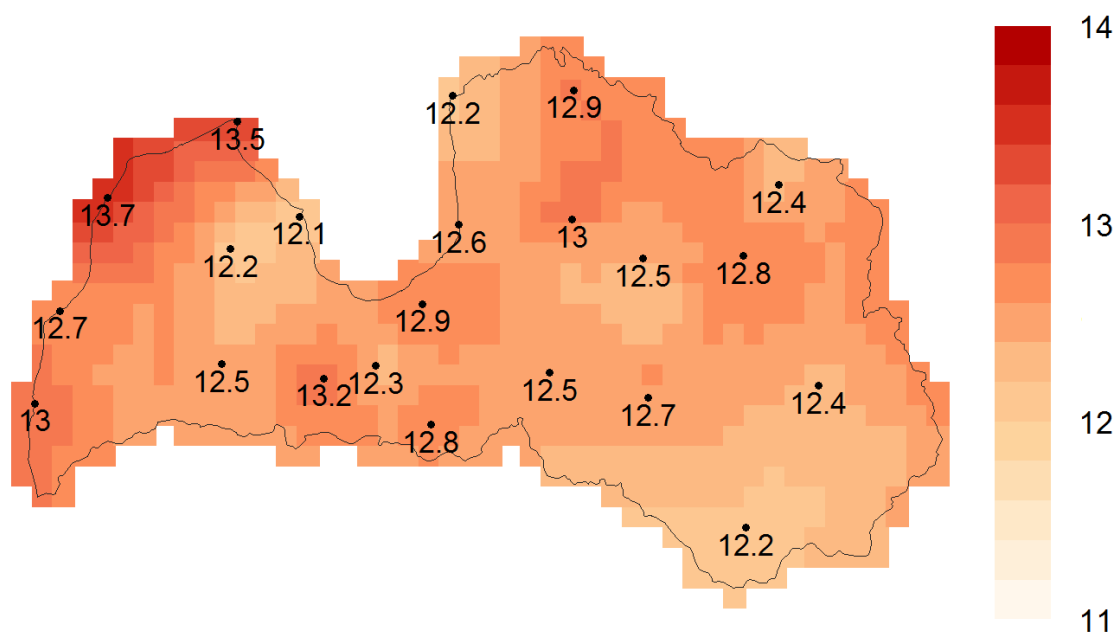
3.51.attēls. Aukstu diennakšu īpatsvara (%) izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

Apskatītā perioda pirmajās trijās dekādēs aukstu diennakšu īpatsvars vidēji Latvijā svārstījies 3-19% robežās, tomēr, novērotās gaisa temperatūras paaugstināšanās rezultātā pēdējo divu dekāžu laikā vidēji Latvijā vairs novērojami tikai 4-13% aukstu diennakšu (attēls 3.50), arī teritoriāli maksimālajam auksto diennakšu īpatsvaram nepārsniedzot 17%. Tādējādi, salīdzinot ar references periodam raksturīgo aukstu diennakšu īpatsvaru, mūsdienās aukstu diennakšu ir par 2-4% mazāk (3.51. attēls). Turklāt visā Latvijas teritorijā aukstu diennakšu īpatsvars ir samazinājies vismaz statistiski vērā ņemami (3.52. attēls), un 5 meteoroloģisko novērojumu stacijās pat statistiski ļoti būtiski.

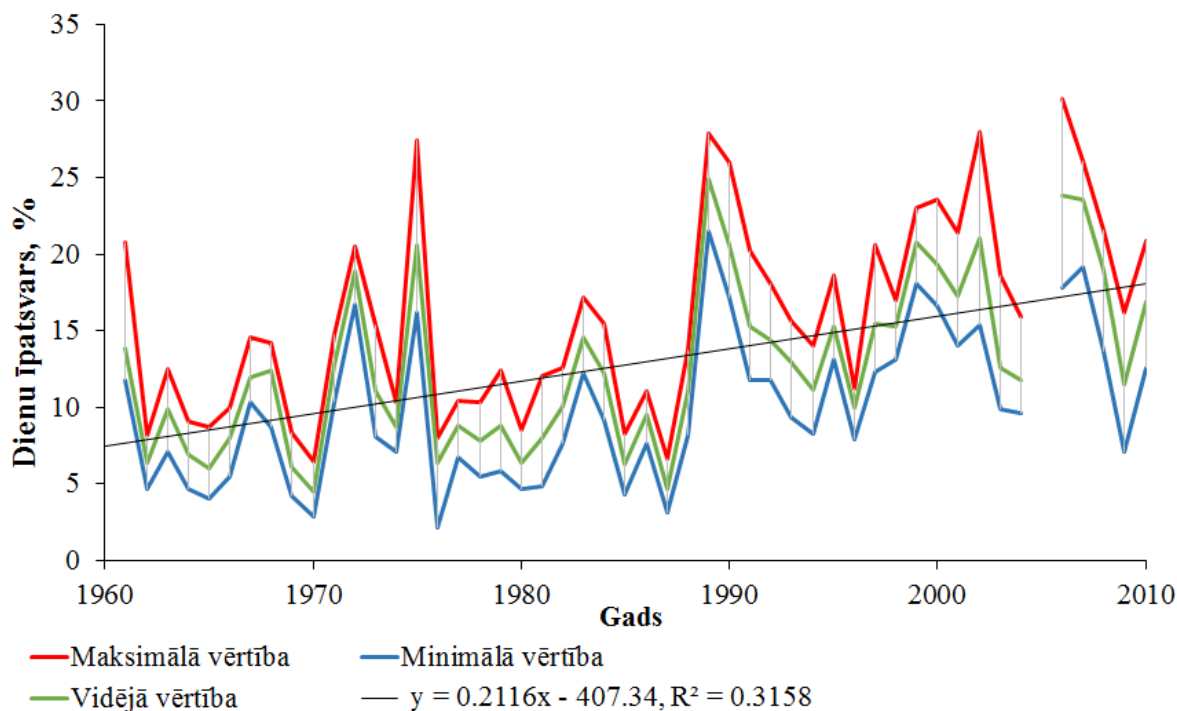


3.52.attēls. Aukstu diennakšu īpatsvara (%) ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Siltu diennakšu īpatsvars, kad diennakts vidējā gaisa temperatūra pārsniedz references perioda 90. procentīles vērtības, Latvijā tipiski ir augstāks nekā aukstu diennakšu īpatsvars (3.53. attēls). Latvijā gada laikā vidēji 12,2-13,7% diennakšu ir uzskatāmas par siltām, un lielākais to īpatsvars novērojams Kurzemes ziemeļrietumos, kur tas atsevišķos gados var sasniegt pat 30%. Augsto silto diennakšu īpatsvaru šajos piekrastes reģionos var skaidrot ar Baltijas jūras un valdošo rietumu gaisa masu plūsmu ietekmi, kas īpaši ziemas sezonā nodrošina siltākus laika apstākļus nekā citviet valsts teritorijā. Turklāt novērotās pasiltināšanās rezultātā arī citviet valstī vēsturiskā novērojumu perioda gaitā silto diennakšu īpatsvars ir palielinājies, pēdējo divu dekāžu laikā jau vidēji Latvijā sasniedzot 10-23% (3.54. attēls).



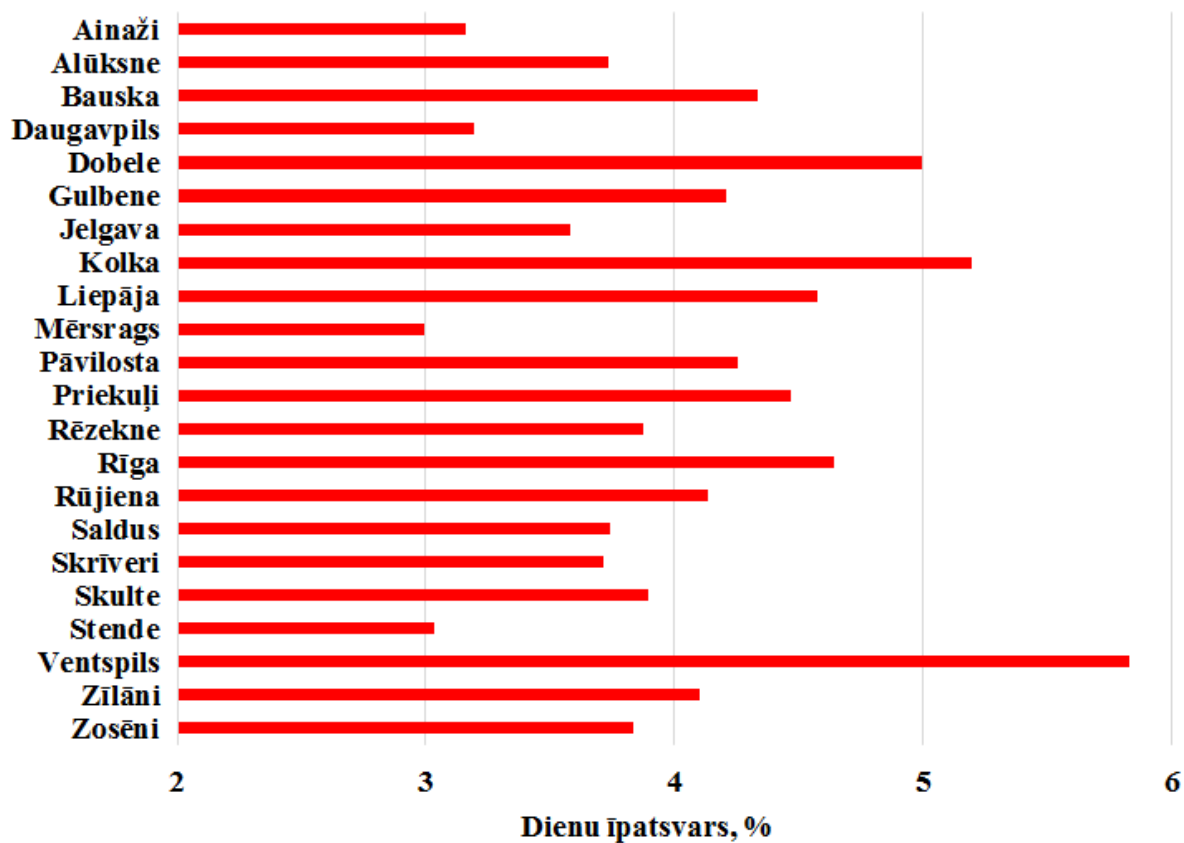
3.53.attēls. Ilggadīgais vidējais silto diennakšu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



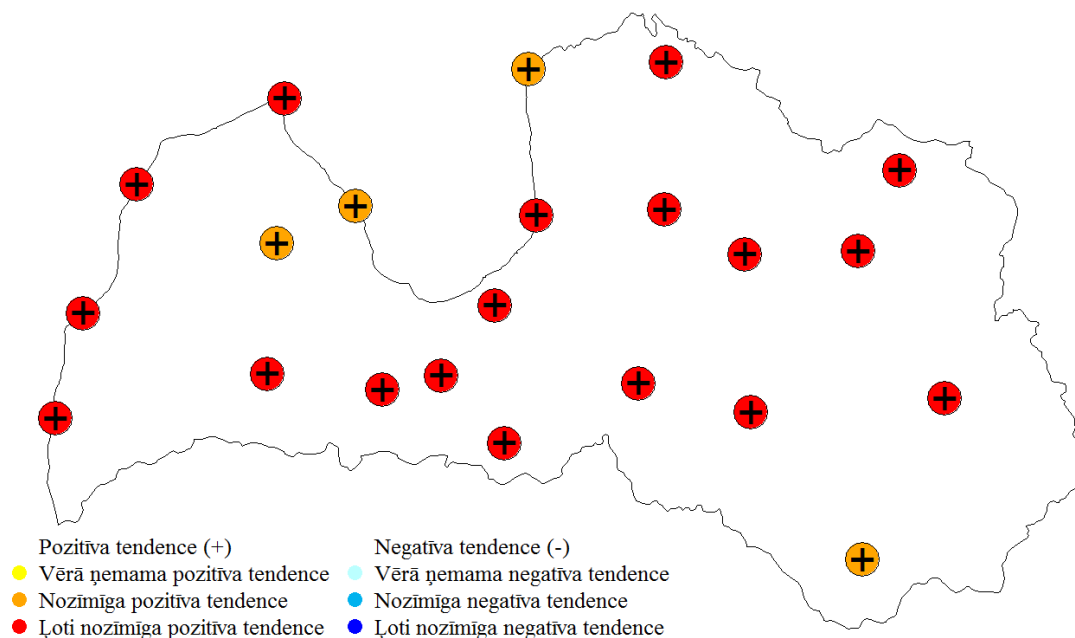
3.54.attēls. Silto diennakšu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Līdz ar to mūsdienās silto diennakšu īpatsvars Latvijā ir par 3-6% palielinājies (3.55. attēls), turklāt lielākajā valsts daļā šīs izmaiņas ir bijušas statistiski ļoti būtiskas (3.56. attēls). Visievērojamākās silto diennakšu īpatsvara izmaiņas konstatētas tieši Kolkas un Ventspils meteoroloģisko novērojumu stacijās, kur arī vēsturiski silto diennakšu īpatsvars ir bijis vislielākais.



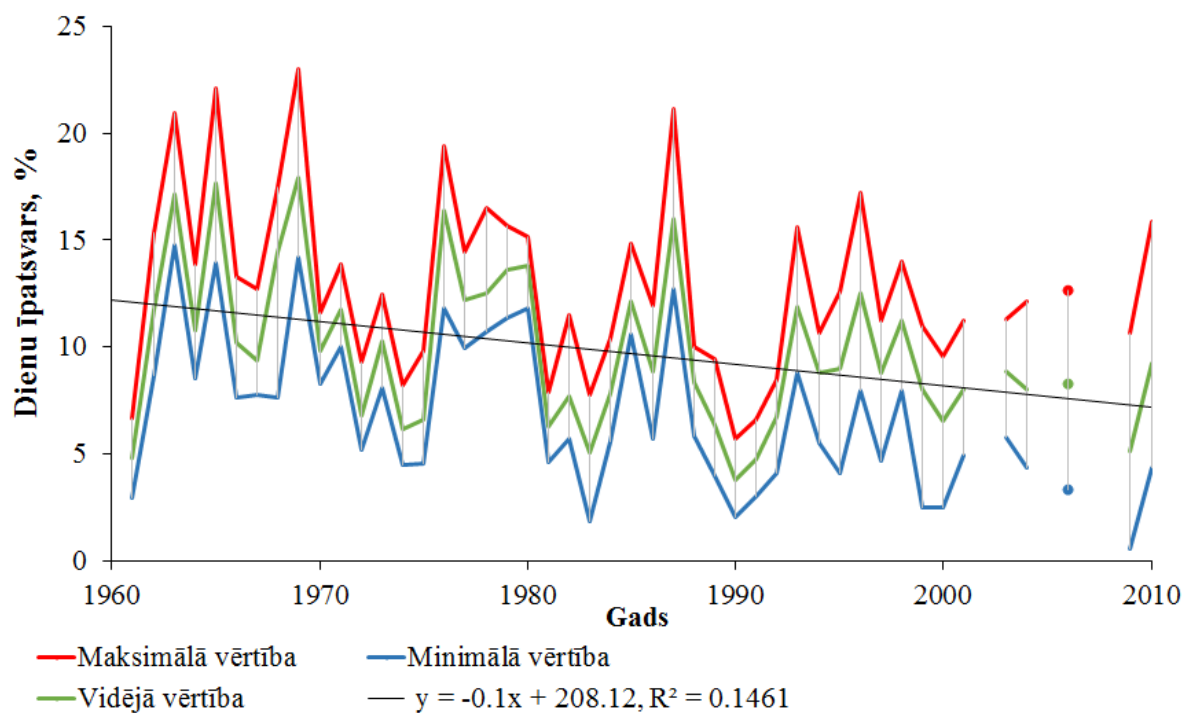


3.55.attēls. Siltu diennakšu īpatsvara (%) izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

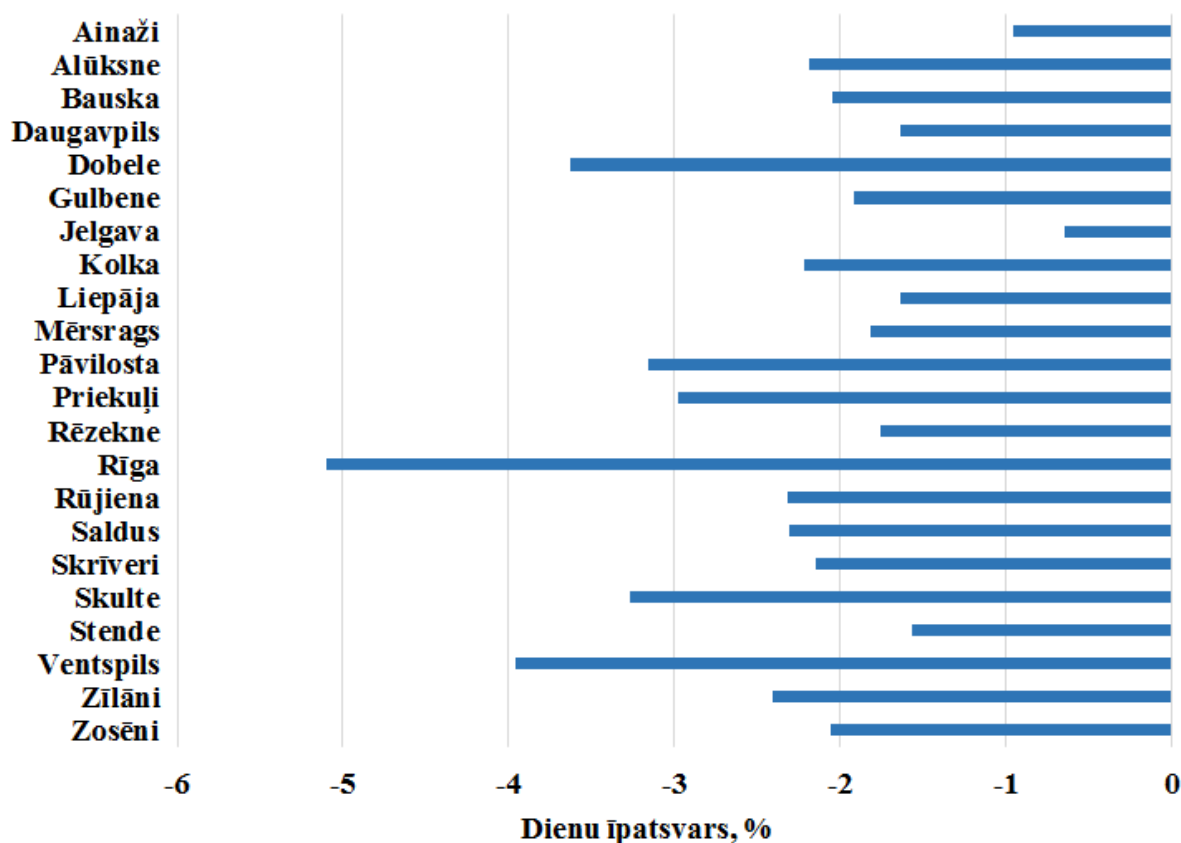


3.56.attēls. Siltu diennakšu īpatsvara (%) ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

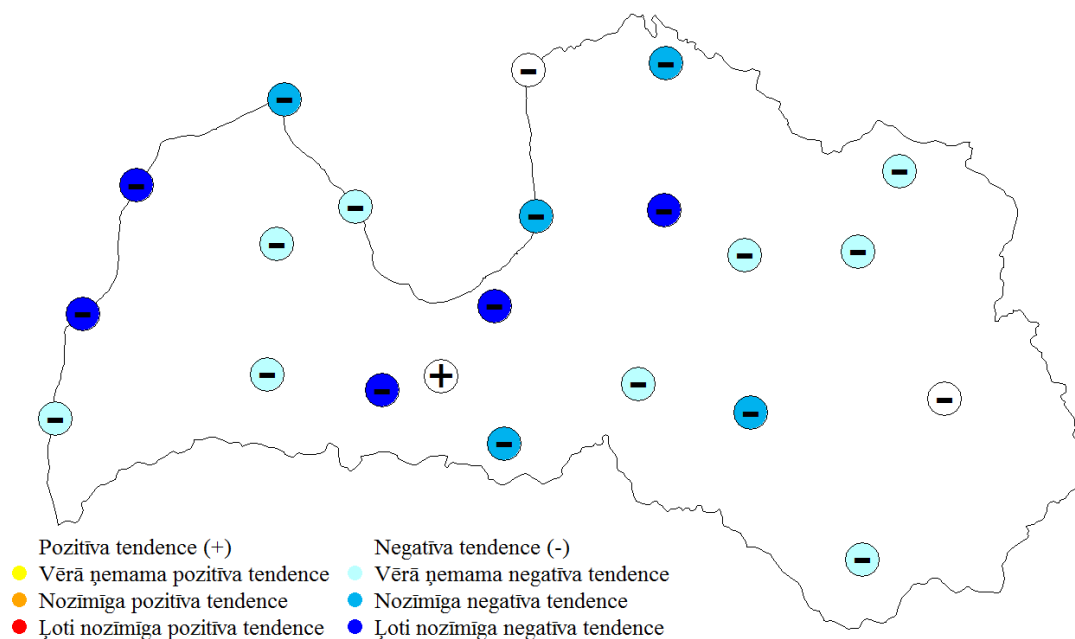




3.58.attēls. Aukstu nakšu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

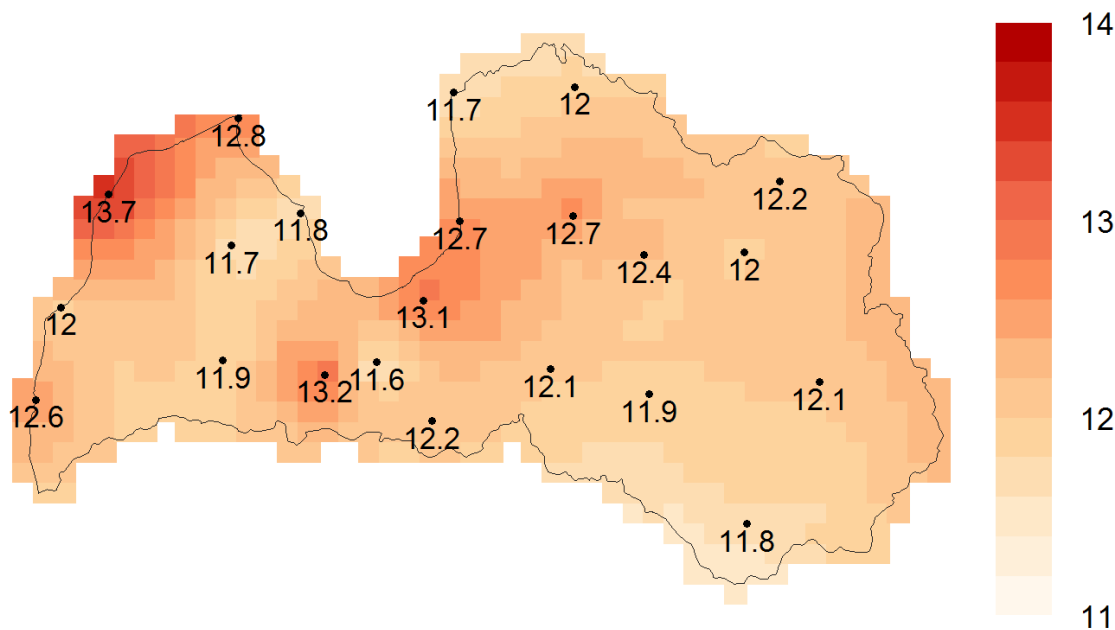


3.59.attēls. Aukstu nakšu īpatsvara (%) izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās referenču periodu (1961.-1990. g.)

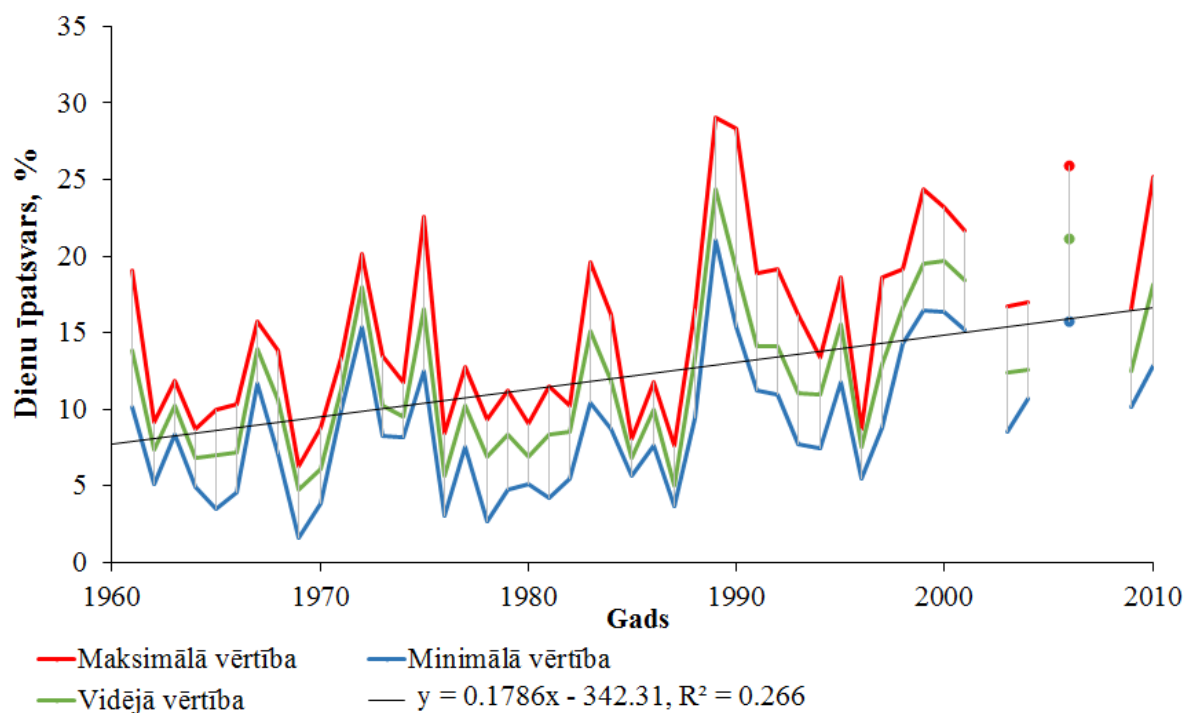


**3.60.attēls. Aukstu nakšu īpatsvara (%) ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam**

Silto nakšu īpatsvars lielāks Latvijas teritorijā arī ir iepriekš minētajās meteoroloģisko novērojumu stacijās – Rīgā, Dobelē un Ventspilī – kur to īpatsvars pārsniedz 13% (3.61. attēls). Turklāt līdz ar auksto nakšu īpatsvara samazināšanos, silto nakšu īpatsvars Latvijā laika gaitā ir statistiski būtiski (3.64. attēls) palielinājies, pēdējo divu dekāžu laikā sasniedzot 8-19% (3.62. attēls). Vēsturiski vislielākais silto nakšu īpatsvars novērots 1989. gadā, kad tas vidēji Latvijā bijis 24%.



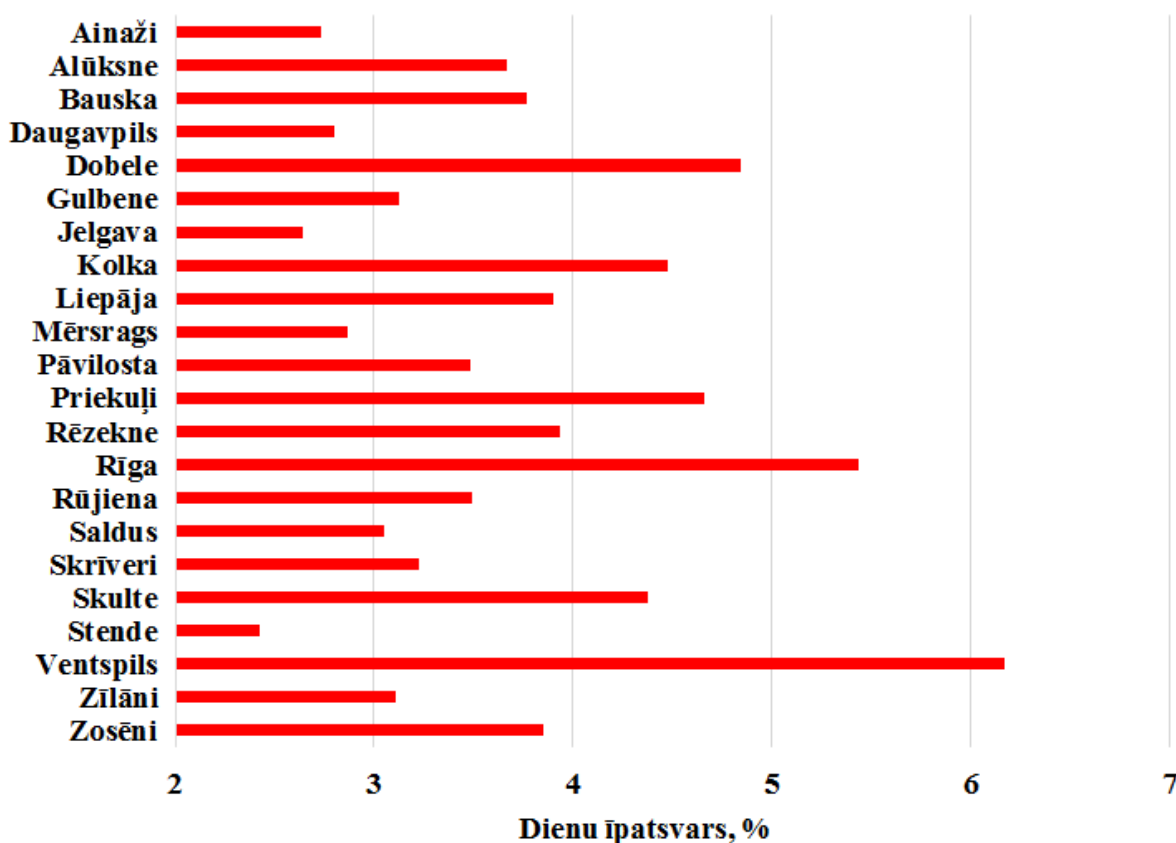
3.61.attēls. Ilggadīgais vidējais siltu nakšu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



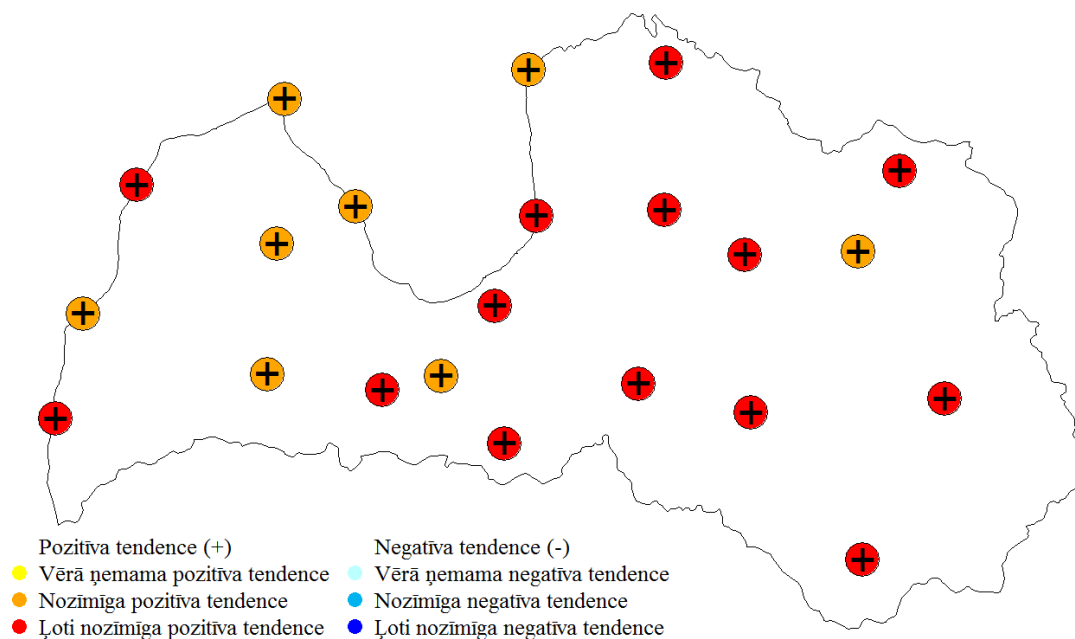
3.62.attēls. Siltu nakšu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Salīdzinot ar klimatiskās references periodu, mūsdienās siltu nakšu īpatsvars Latvijā ir par 2-6% palielinājies (3.63. attēls), un īpaši lielas silto nakšu īpatsvara izmaiņas ir konstatētas Ventspils un Rīgas meteoroloģisko novērojumu stacijās. Jau iepriekš darbā minēts par pilsētas siltumsalas efekta ietekmi uz gaisa temperatūras sadalījumu lielu pilsētu aglomerācijās, un šī

efekta ietekme visvairāk izpaužas tieši attiecībā uz gaisa temperatūras vērtībām tieši nakts laikā: pilsētu apbūve un raksturīgais virsmas segums nakts laikā daudz lēnāk atdod dienas gaitā uzkrāto siltumu, tādējādi mazinot gaisa temperatūras pazemināšanās apmērus. Ja Rīgas meteoroloģisko novērojumu stacijas gadījumā šis efekts tiešā veidā ir saistīts ar pašas pilsētas ietekmi, tad Ventspils novērojumu stacijas gadījumā liela nozīme varētu būt meteoroloģisko novērojumu stacijas atrašanās vietai ostas teritorijā, kur kā urbānā teritorijā darbojas līdzīgi mehānismi.



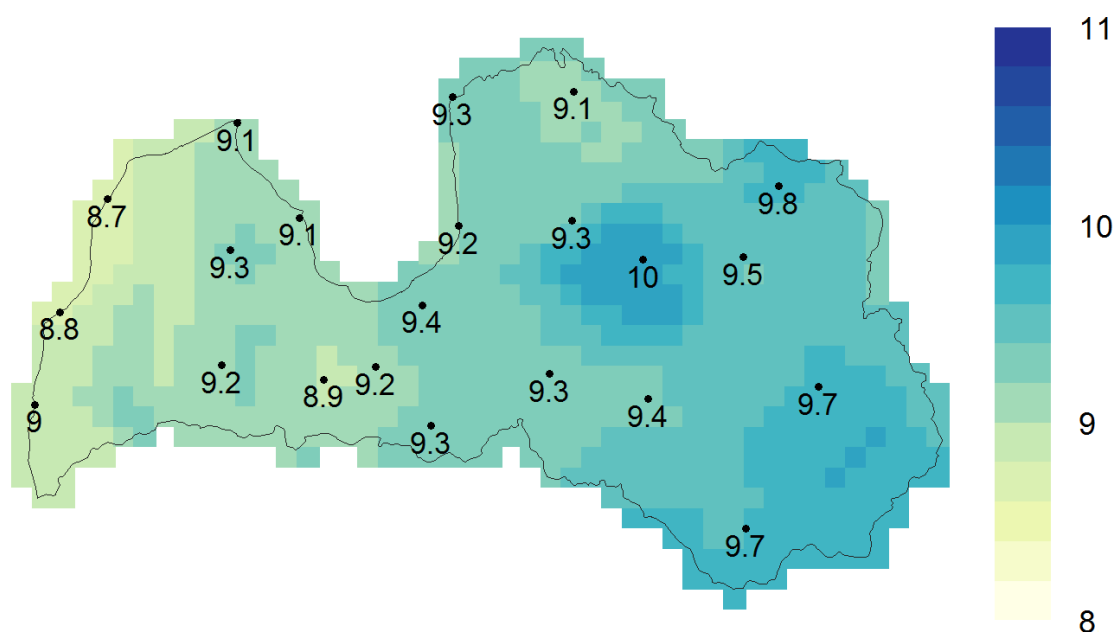
3.63.attēls. Siltu nakšu īpatsvara (%) izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



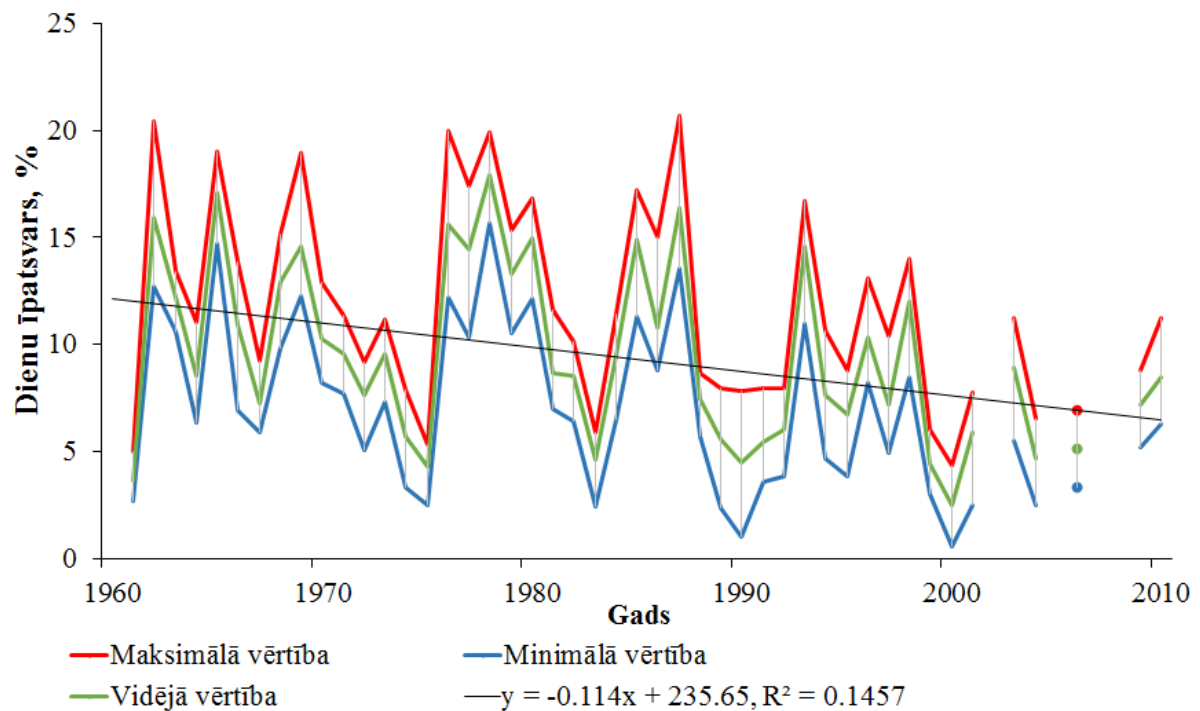
3.64.attēls. Siltu nakšu īpatsvara (%) ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### Aukstas un siltas dienas

Līdzīgi aukstu nakšu un diennakšu teritoriālajam sadalījumam, lielāks aukstu dienu īpatsvars Latvijā raksturīgs valsts austrumu daļai, kur tas Vidzemes augstienes apkārtnē sasniedz līdz 10% gada, savukārt valsts rietumu daļā ir 8,7-9,3% robežās (3.65. attēls).



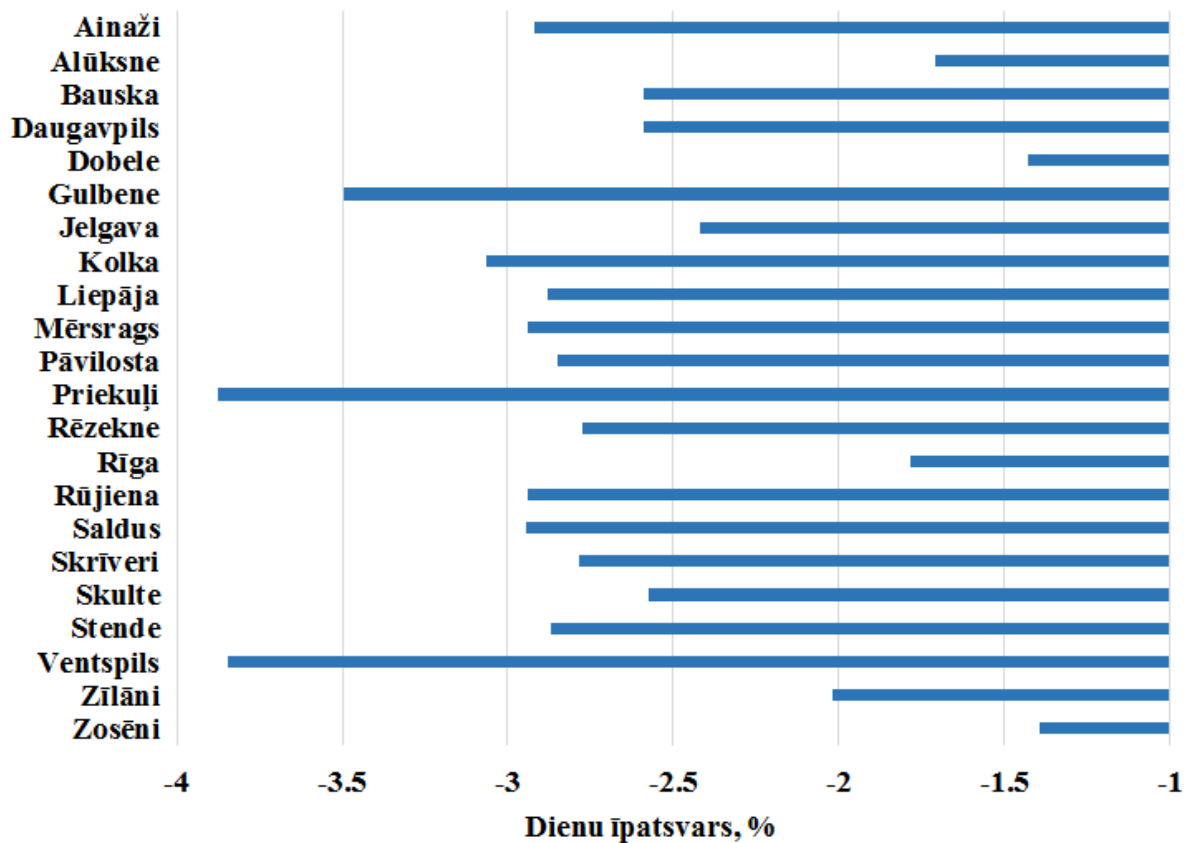
3.65.attēls. Ilggadīgais vidējais aukstu dienu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



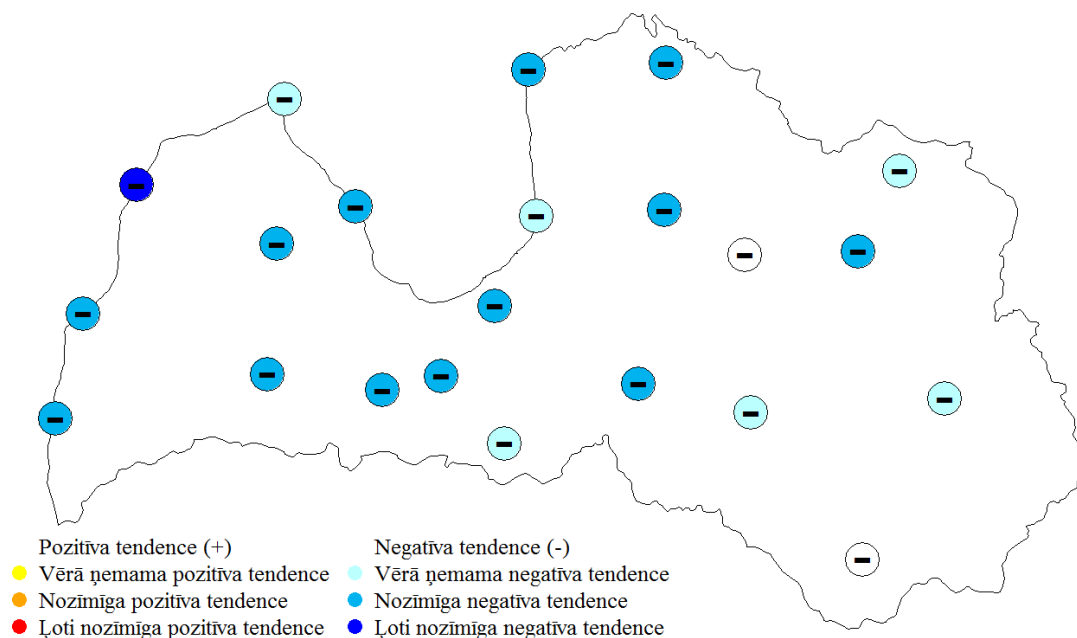
3.66.attēls. Aukstu dienu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Ilggadīgajā periodā novērojot atsevišķus aukstu dienu īpatsvara palielināšanās periodus, piemēram, laika periodā no 70-to gadu vidus līdz 80-to gadu sākumam, un sekojošu aukstu dienu īpatsvara samazināšanos, pēdējo divu desmitgažu laikā novērots vēsturiski zemākais auksto dienu īpatsvars Latvijā (3.66. attēls). Kopumā valstī aukstu dienu īpatsvars mūsdienās ir samazinājies par 1-4% (3.67. attēls), un valsts lielākajā daļā auksto dienu īpatsvara samazināšanās tendence ir bijusi statistiski būtiska (3.68. attēls). Teritoriāli visnozīmīgākās izmaiņas novērotas valsts rietumu daļā, savukārt valsts austrumos tikai piecās meteoroloģisko novērojumu stacijās novērotās izmaiņas ir bijušas statistiski būtiskas.



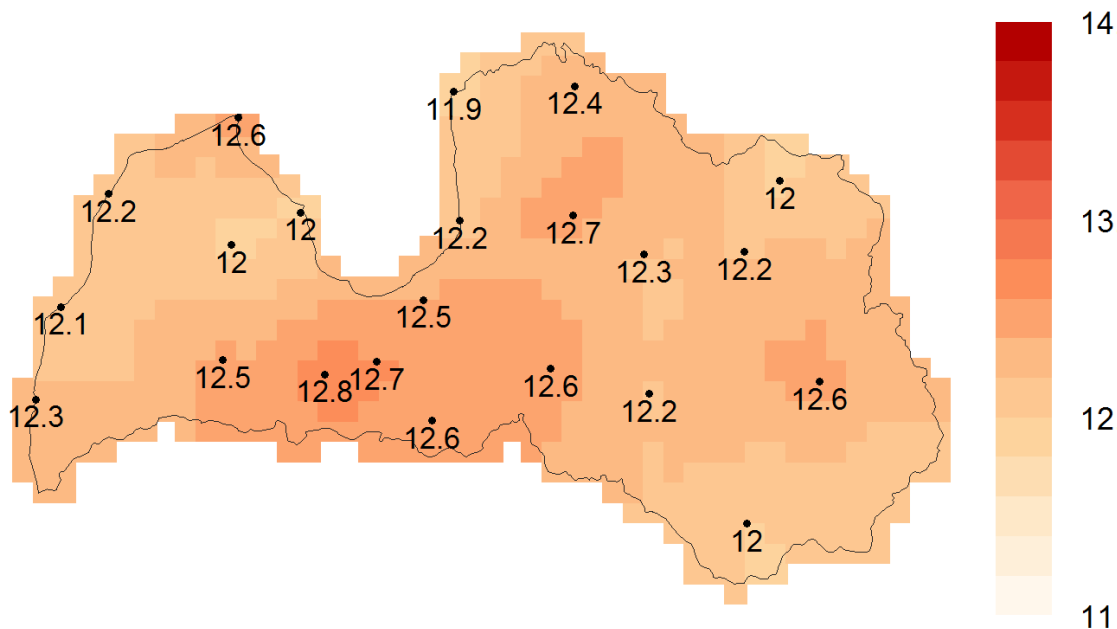


3.67.attēls. Aukstu dienu īpatsvara (%) izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

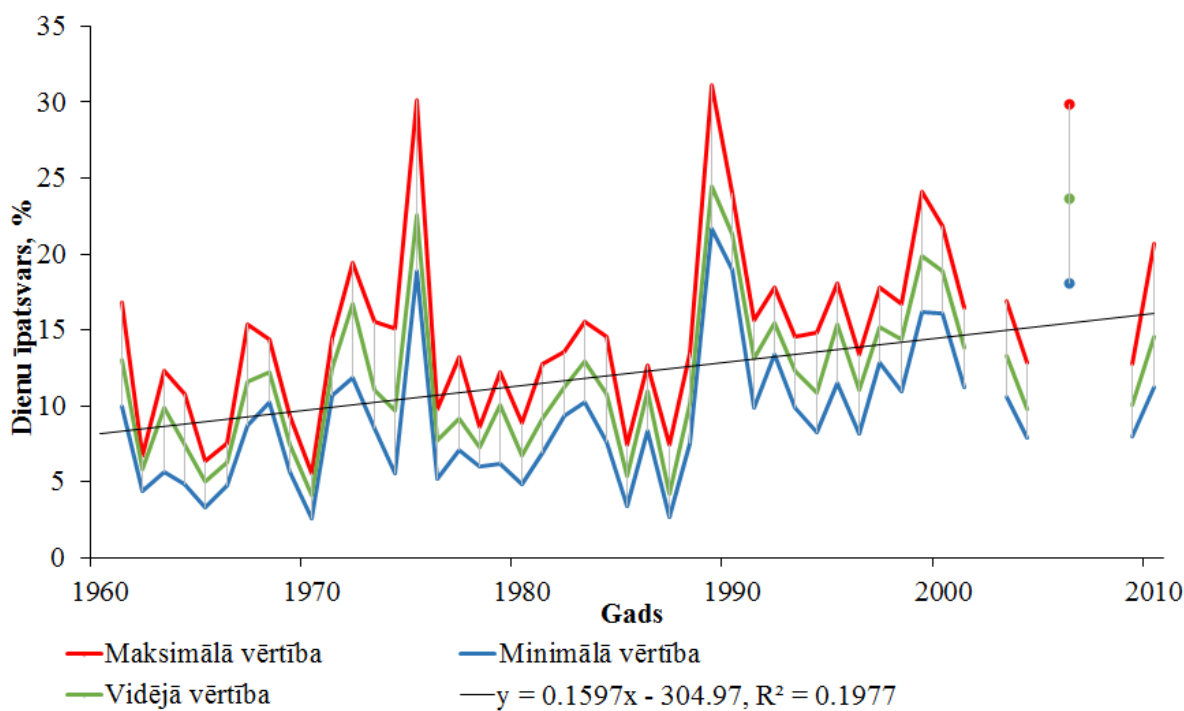


3.68.attēls. Aukstu dienu īpatsvara (%) ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Siltu dienu īpatsvaram Latvijā raksturīgas nelielas teritoriālas atšķirības: 11,9-12,8% robežās, ar augstāko siltu dienu īpatsvaru valsts centrālajā daļā (3.69. attēls).

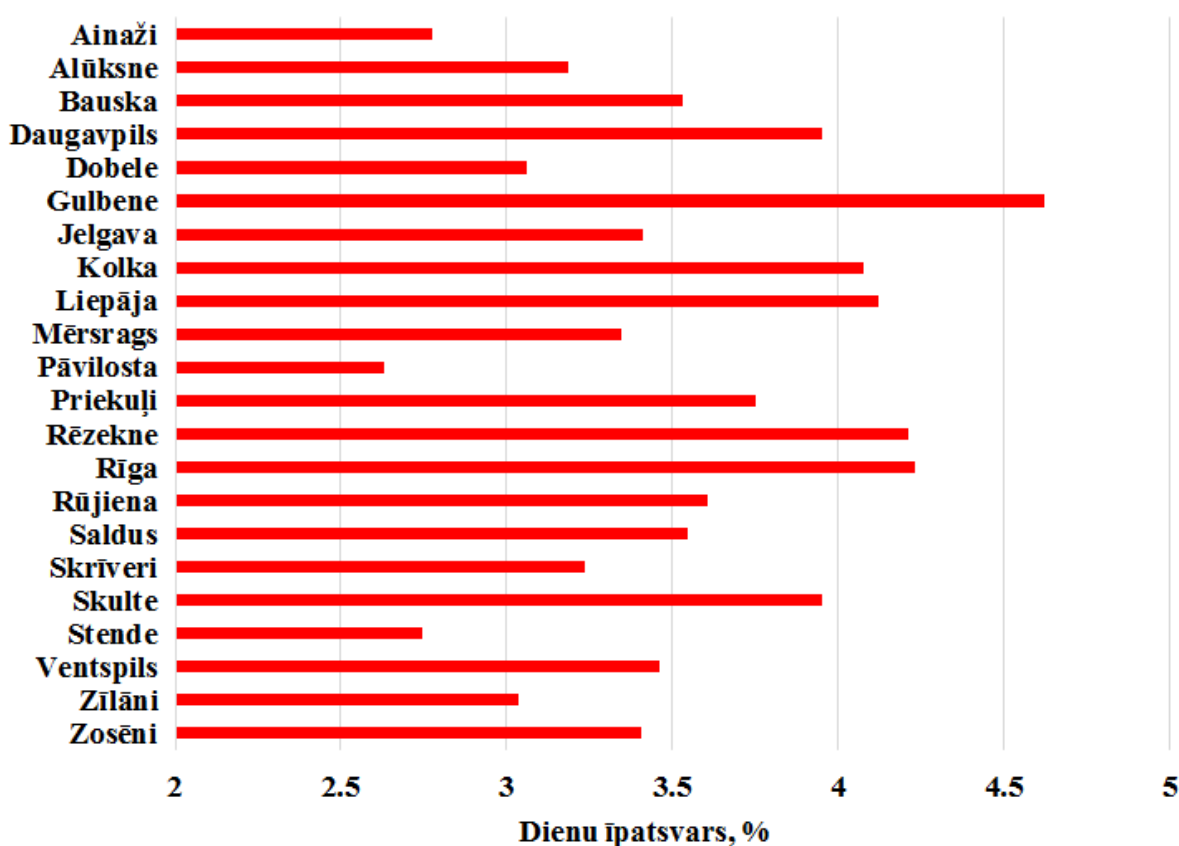


3.69.attēls. Ilggadīgais vidējais siltu dienu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

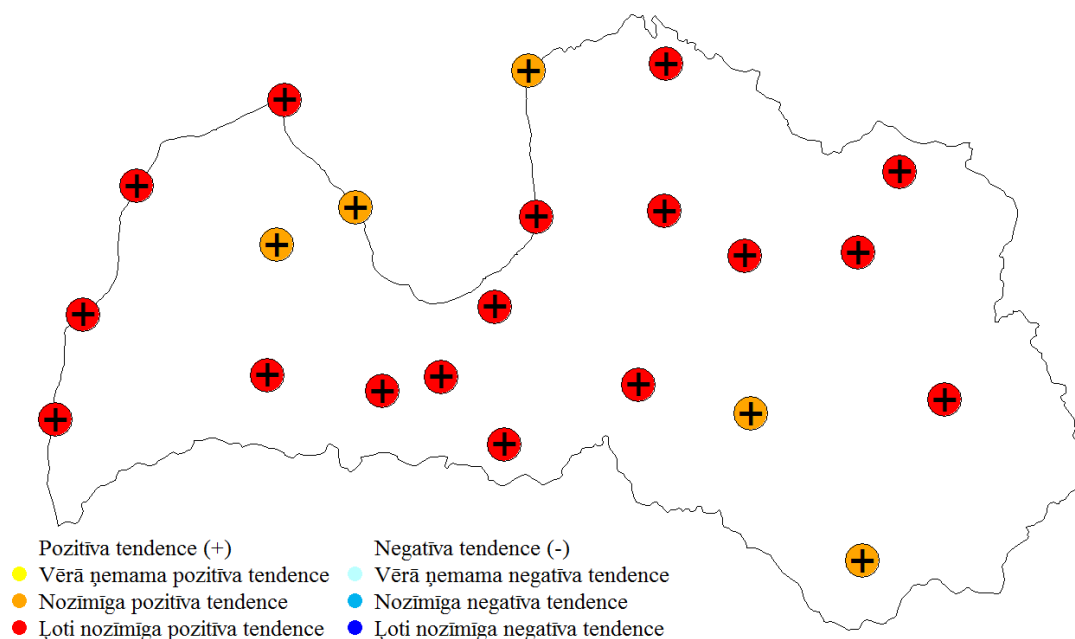


3.70.attēls. Siltu dienu īpatsvars (%) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Ilggadīgajā periodā silto dienu īpatsvars Latvijā svārstījies 4-24% robežās (3.70. attēls), visaugstākās vērtības sasniedzot apskatītā perioda ietvaros vissiltākajā 1989. gadā, kad vidēji Latvijā silto dienu īpatsvars bija 24,4% (no 31,6% Liepājā līdz pat 31,2% Dobeļē). Līdzīgi izteikts, tomēr vērtību ziņā nedaudz mazāks maksimums ticis novērots arī 1975. gadā. Lai gan, izņemot iepriekš minētos maksimumu periodus, silto dienu īpatsvara dinamika Latvijā bijusi salīdzinoši vienmērīga, tā pēdējo 50 gadu ilgajā periodā iezīmē izteiktu pakāpenisku silto dienu īpatsvara palielināšanos. Šīs pakāpeniskās izmaiņas valsts lielākajā daļā ir bijušas statistiski ļoti būtiskas (3.72. attēls), un mūsdienās silto dienu skaita pieaugums vērtējams kā +2...+4,5%, salīdzinot ar klimatiskās references periodu (3.71. attēls).



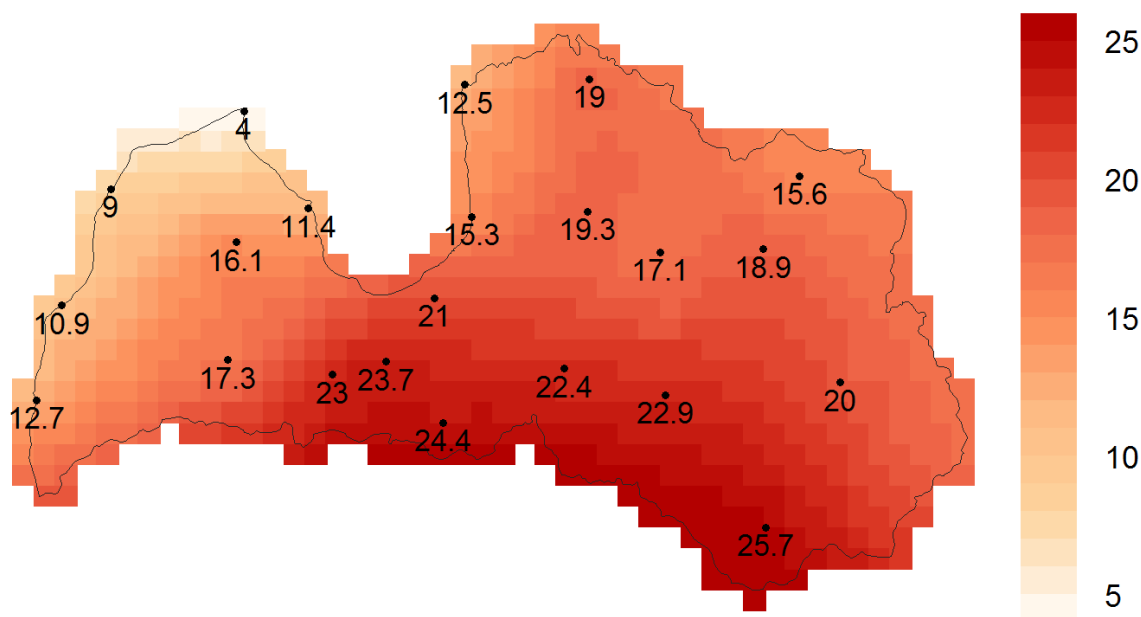
3.71.attēls. Silto dienu īpatsvara (%) izmaiņas Latvijā starp mūsdienas klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



3.72.attēls. Siltu dienu īpatsvara (%) ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

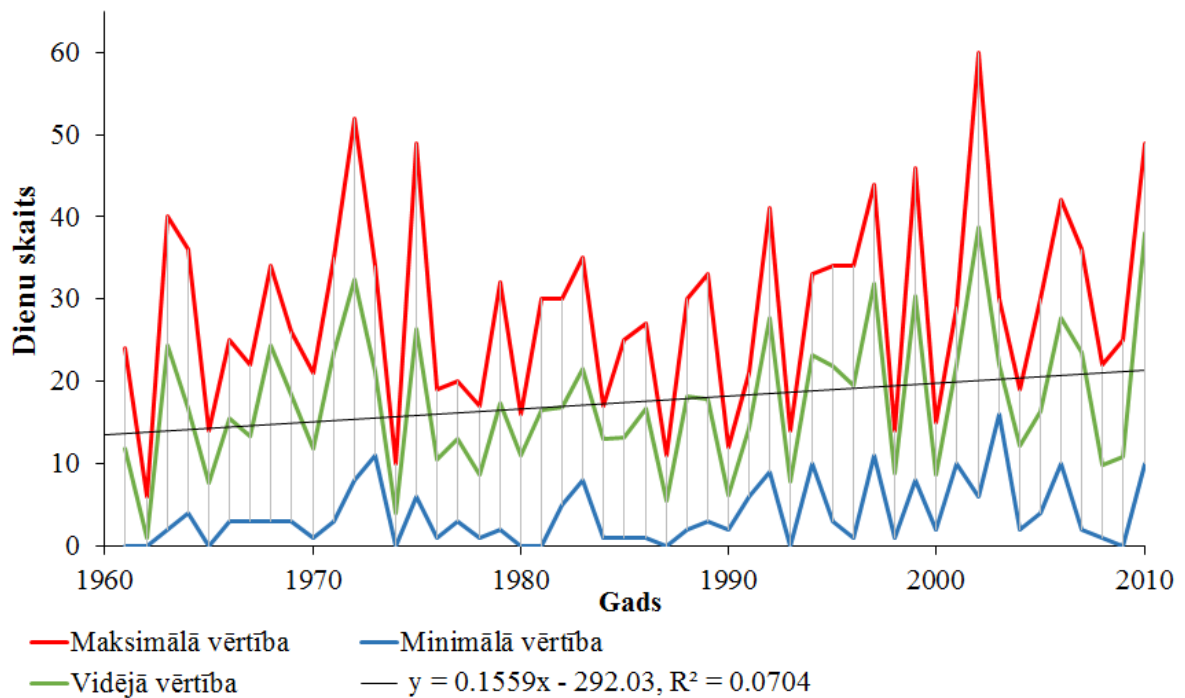
### Vasaras dienas

Par procentiņu un meteoroloģisko parametru absolūto vērtību indeksiem ievērojami vienkāršāk interpretējami un sabiedrībai vieglāk saprotami ir klimata indeksi, kas raksturo kādas noteiktas meteoroloģiskā parametra vērtības pārsniegumu biežumu. Viens no šādiem indeksiem ir vasaras dienu skaits, kas raksturo to dienu skaitu gadā, kad diennakts maksimālā gaisa temperatūra ir sasniegusi vai pārsniegusi +25°C. Latvijā vidēji ik gadu ir 4 līdz gandrīz 26 šādas dienas, un to teritoriālajā izplatībā raksturīgas izteiktas atšķirības (3.73. attēls). Vismazākais vasaras dienu skaits Latvijā ir Kurzemē, un īpaši tās piekrastes rajonos, kur to skaits nepārsniedz 4-17 dienas gadā. Lai gan 12 meteoroloģisko novērojumu stacijās apskatītajā periodā bijuši gadi, kuros nav novērota neviena vasaras diena, Kolkā šādu gadu skaits pēdējo 50 gadu laikā sasniedz 7, turklāt arī maksimālais novērotais vasaras dienu skaits 2003. gadā šajā novērojumu stacijā nepārsniedz 16 dienas. Nedaudz lielāks vasaras dienu skaits ir Kurzemes centrālajā daļā un Vidzemē, kur tas sasniedz 12,5-19,3 dienas, savukārt vislielākais vasaras dienu skaits – virs 20 dienām gadā – novērojams Zemgalē, Latgalē un Vidzemes dienvidos.



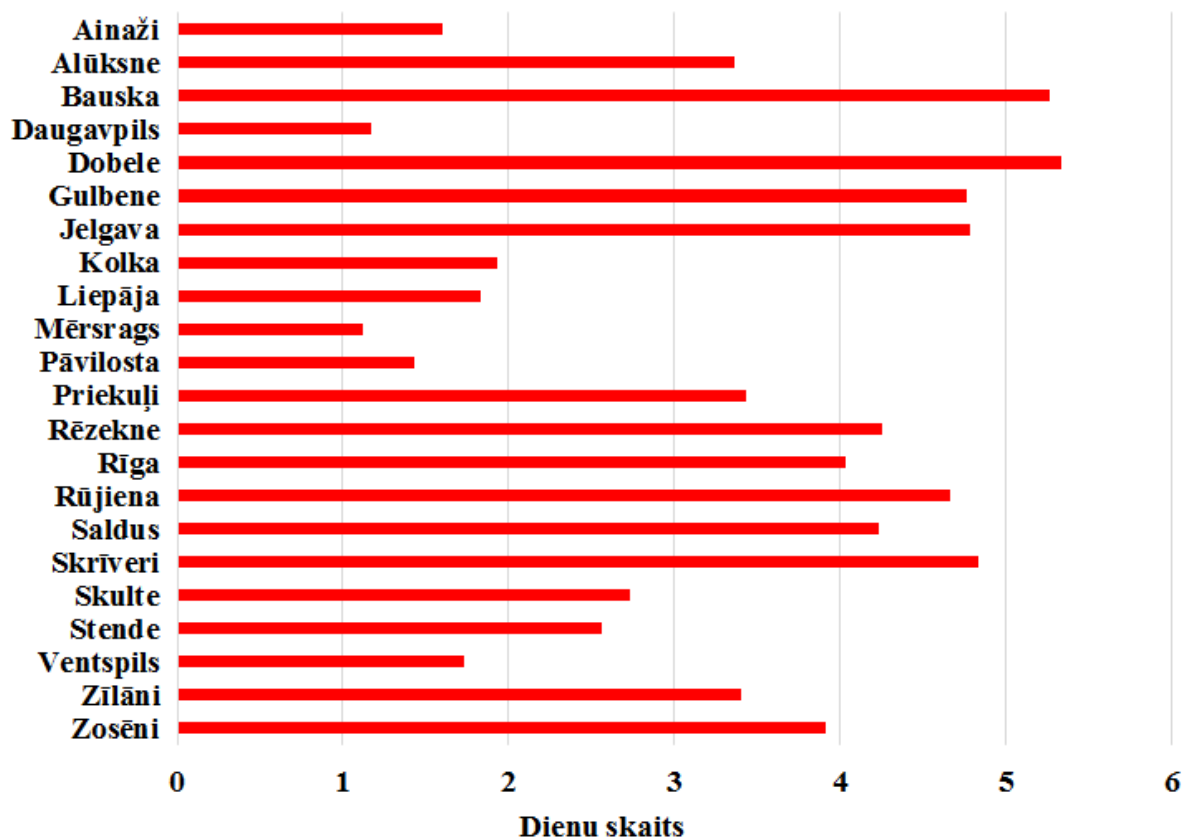
3.73.attēls. Ilggadīgais vidējais vasaras dienu skaits Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Vasaras dienu skaits Latvijā vidēji svārstās 1-39 dienu robežās (3.74. attēls). Vismazākais vasaras dienu skaits valstī novērots 1962. gadā, kad tikai 10 meteoroloģisko novērojumu stacijās tika reģistrēta gaisa temperatūra  $+25^{\circ}\text{C}$  un augstāk, turklāt 5 no šīm novērojumu stacijām gada laikā tika reģistrēta tikai viena vasaras diena. Savukārt vislielākais vasaras dienu skaits apskatītajā periodā novērots 2002. gadā, kad novērotas no 6 vasaras dienām Kolkā līdz pat 60 dienām – kas ir arī visa perioda maksimālais kādā meteoroloģisko novērojumu stacijā reģistrētais vasaras dienu skaits – Rīgā. Tomēr jāpiemin, ka, analizējot garākas novērojumu datu rindas, iepriekšēju pētījumu gaitā konstatēts, ka vēsturiski lielākais vasaras dienu skaits Latvijā bijis 19. gadsimta beigās, kad tikko aizsākušies gaisa temperatūras instrumentālie novērojumi Latvijas teritorijā (Lizuma, 2008).

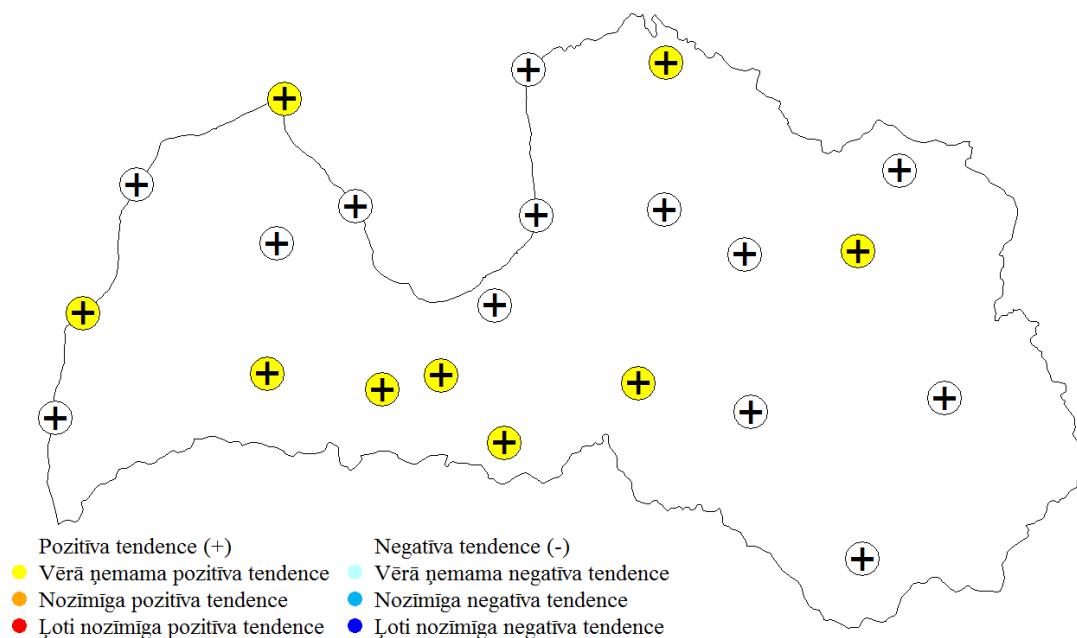


3.74.attēls. Vasaras dienu skaits Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Lai gan vasaras dienu skaita dinamika uzrāda nelielu to skaita palielināšanās tendenci, tikai 9 meteoroloģisko novērojumu stacijās ilggadīgajā laika periodā konstatētas statistiski vērā ņemamas vasaras dienu biežuma palielināšanās tendences (3.76. attēls). Savukārt, salīdzinot vidējo vasaras biežumu klimatiskās references periodā un pēdējo 30 gadu laikā, jāsecina, ka visās meteoroloģisko novērojumu stacijās Latvijā vasaras dienu skaits palielinājies par 1-5 dienām, turklāt teritoriāli vislielākais pieaugums novērots valsts dienvidu daļā (3.75. attēls). Vidēji Eiropā, salīdzinot 1946. un 1999. gada datus, vasaras dienu skaits ir palielinājies par 4,3 dienām (Klein Tank, 2004).



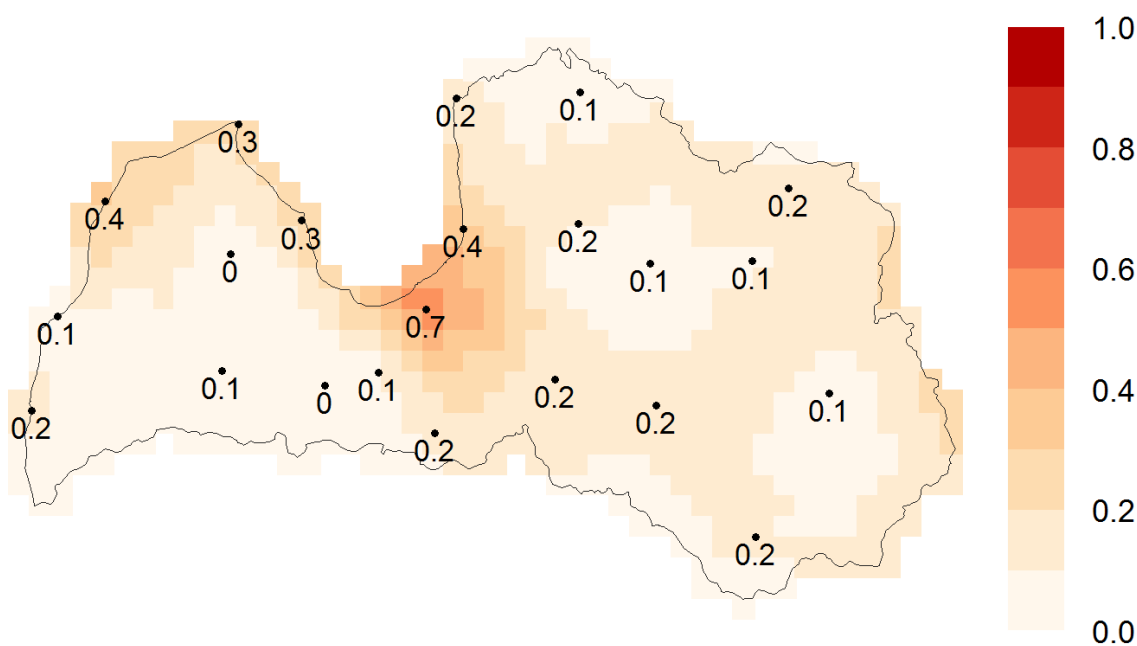
3.75.attēls. Vasaras dienu skaita izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās referenču periodu (1961.-1990. g.)



3.76.attēls. Vasaras dienu skaita ilgtermiņa izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### **Tropiskās naktis**

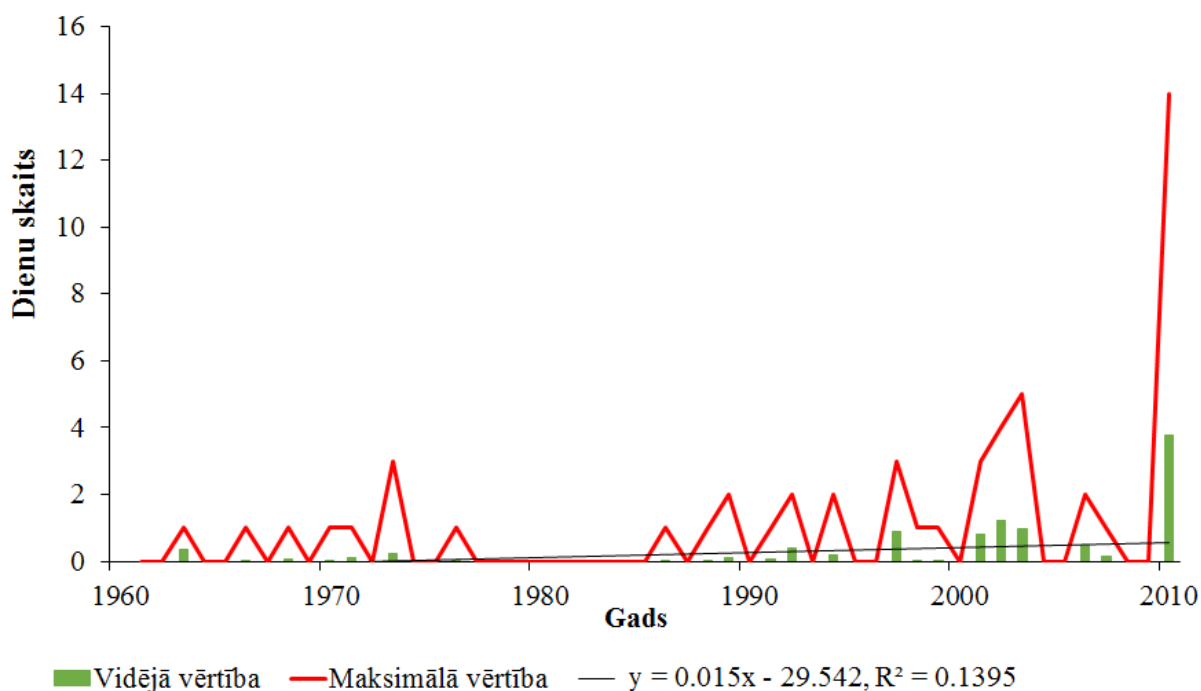
Lai raksturotu klimata pārmaiņu ietekmi uz termālajiem apstākļiem Latvijā vasaras laikā, būtiski ir apskatīt arī ekstremāli karstu nakšu izplatības un izmaiņu iezīmes. Šim nolūkam pētījuma ietvaros ir analizēts tropisko nakšu klimatiskais indekss, kas raksturo to dienu skaitu gadā, kuru laikā arī nakts stundās saglabājas tveice un minimālā gaisa temperatūra nepazeminās zem +20°C. Vēsturiski šādu nakšu skaits Latvijā nav bijis liels – tās ir vidēji 0,1 līdz 0,7 naktis gadā, līdz ar to jāsecina, ka ilggadīgajā periodā lielākajā vairumā gadu tropiskās naktis Latvijā nemaz nav novērotas (3.77. attēls). Apskatīto 50 gadu laikā visās pētījumā iekļautajās meteoroloģisko novērojumu stacijās tropiskās naktis novērotas vismaz 2 gados, savukārt Rīgā pat 12 gados. Līdz ar to tropisko nakšu teritoriālajā izplatībā novērojams izteikts maksimums ap Rīgas pilsētu, kur infrastruktūras un ēku dienas laikā uzkrātais siltums labvēlīgos apstākļos spēj uzturēt tveici arī nakts laikā. Galvenie faktori, kas ietekmē pilsētu mikroklimatu, ir aktīvās virsmas paaugstināta spēja absorbēt saules enerģiju, antropogēni radīts siltums, ko rada, piemēram, mākslīgais apgaismojums, māsaimniecību un biroju, tostarp gaisa kondicionēšanas, iekārtas, un gaisa plūsma, kas apbūves blīvuma un augstuma dēļ ir lēnāka nekā atklātās teritorijās. Pilsētu teritorijās karstuma viļņi rada specifiskas problēmas, jo līdz ar būvju spēju aizturēt karstumu, iedzīvotāji karstuma viļņu laikā tiek pakļauti noturīgam karstuma stresam gan dienā, gan arī nakts laikā, kamēr nomalēs dzīvojošie pēc dienas karstuma nakts laikā parasti var atgūties. Vairākos pētījumos apstiprināts, ka pilsētu iedzīvotāji pakļauti palielinātam aptveroša karstuma izraisītas mirstības riskam (Conti et al., 2005).



3.77.attēls. Ilggadīgais vidējais tropisko nakšu skaits Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

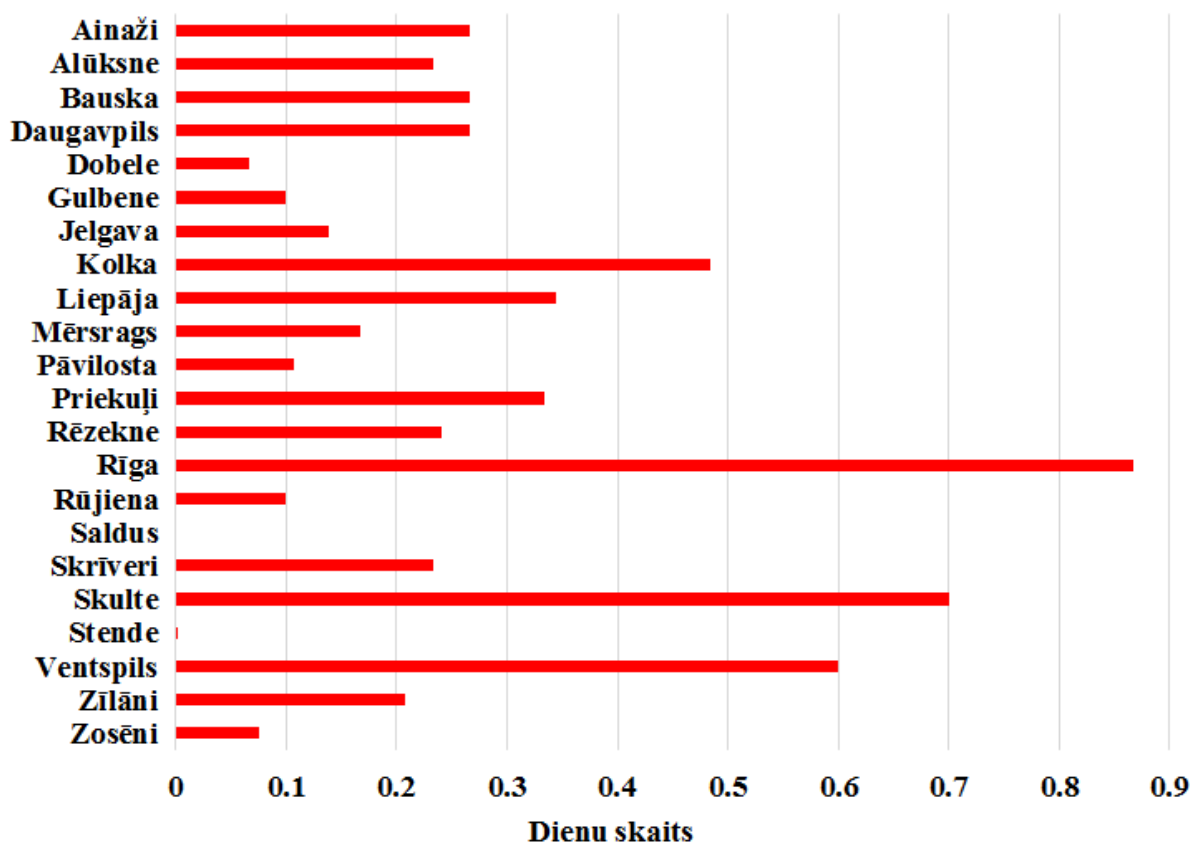


Tropisko nakšu dinamikā Latvijā skaidri iezīmējas to biežuma palielināšanās pēdējo divu desmitgažu laikā (3.78. attēls). Vislielākais līdz šim novērotais tropisko nakšu skaits Latvijā bijis 2010. gadā, kad visās meteoroloģisko novērojumu stacijās, izņemot Saldus un Stendes novērojumu stacijas, reģistrēta vismaz viena tropiskā nakts. Rīgā šajā gadā tropisko nakšu skaits sasniedzis pat 14 naktis.

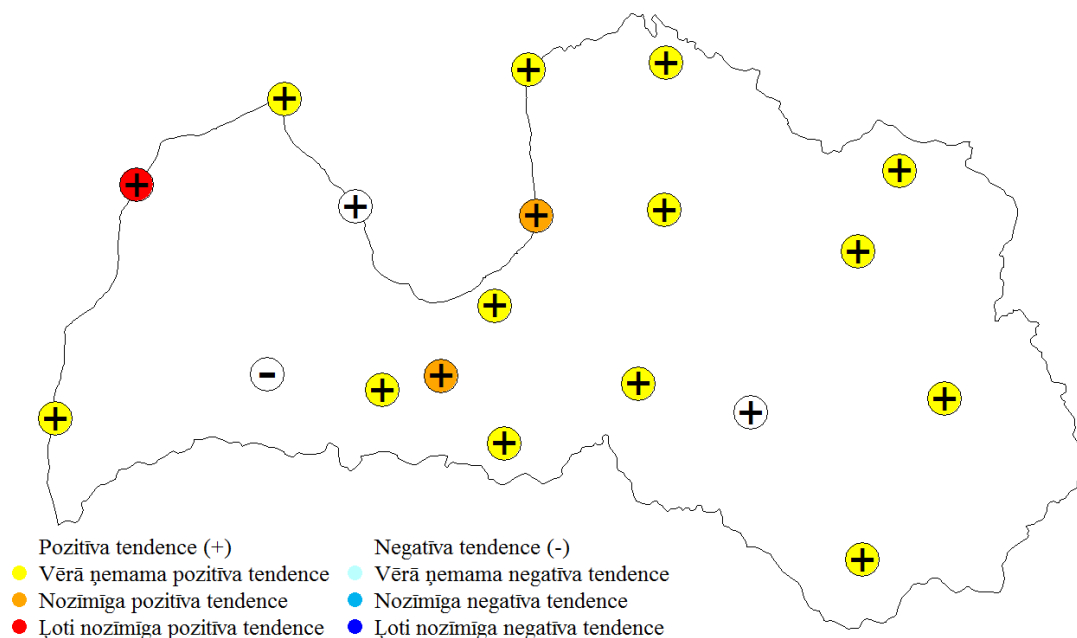


3.78.attēls. Tropisko nakšu skaits Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Nelielais novēroto tropisko nakšu gadījumu skaits Latvijā apgrūtina viennozīmīgu secinājumu par to ilggadīgo izmaiņu tendencēm izdarīšanu. Tomēr līdz šim pieejamā meteoroloģisko novērojumu datu masīva analīze norāda uz to, ka tropisko nakšu biežums ilggadīgajā periodā Latvijā ir palielinājies (3.79. un 3.80. attēls), un īpaši izteiktas šīs izmaiņas ir bijušas Rīgas, Skultes un Ventspils meteoroloģisko novērojumu stacijās.



3.79.attēls. Tropisko nakšu skaita izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās referenču periodu (1961.-1990. g.)

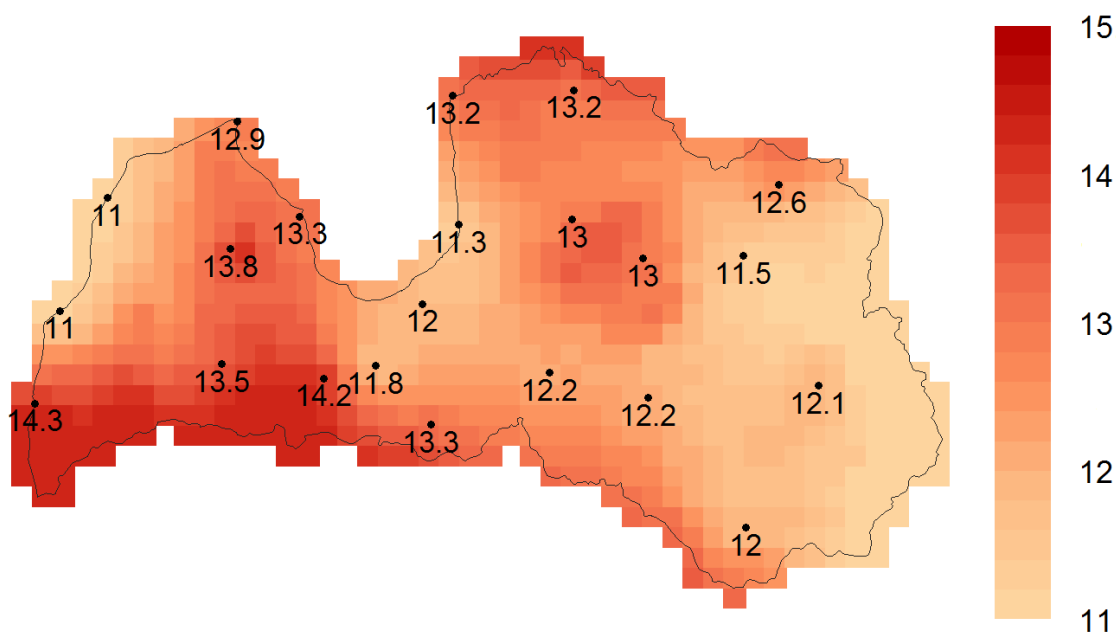


3.80.attēls. Tropisko nakšu skaita ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

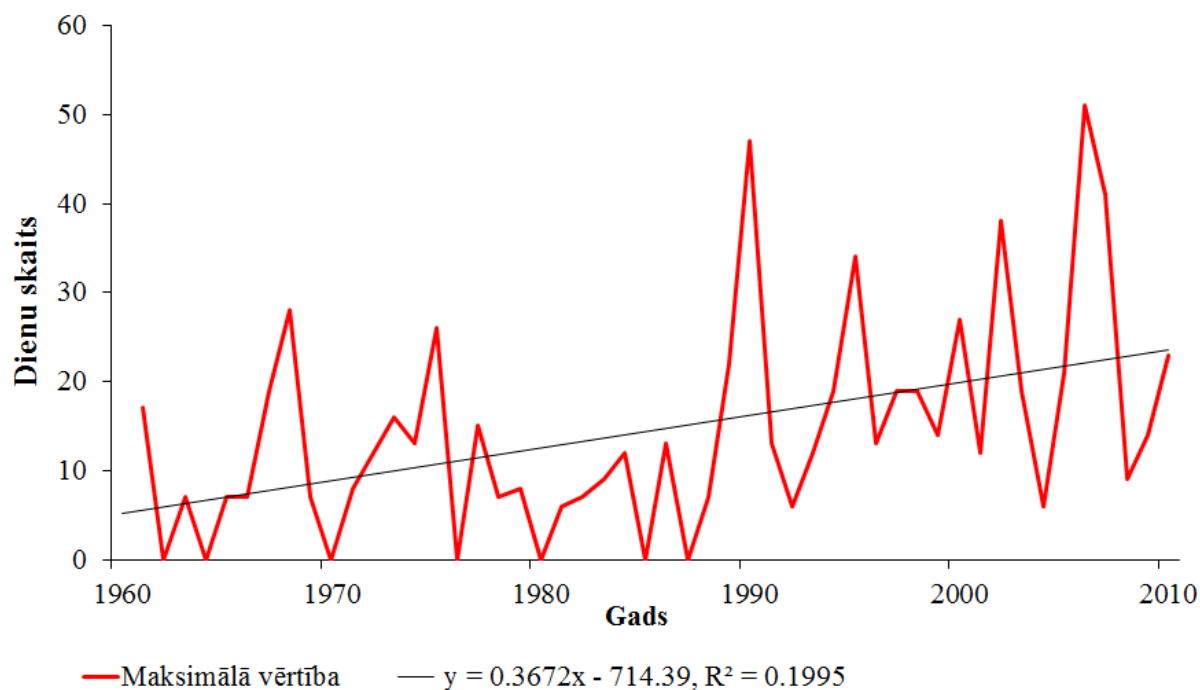
### **Karstuma viļņu ilgums**

Pēdējā laikā liela uzmanība tiek pievērsta karstuma viļņu jeb ilgstošu nepārtraukta karstuma periodu biežuma un intensitātes pieaugumam, kā arī ar tiem saistītajām negatīvajām ietekmēm uz cilvēku veselību un mirstību (Robine et al., 2008; Kļaviņš et al., 2012). Uz reģionāliem un globāliem klimata modeļiem balstīti aprēķini rāda, ka ekstremālu gaisa temperatūras vērtību atkārtojamības palielināšanās tendence 21. gadsimta laikā varētu turpināties un pat pastiprināties, izraisot arī vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanos (Fischer and Schär, 2009). Līdz ar to, iespējams, ka nākotnē šī gaisa temperatūras paaugstināšanās izraisīs mirstības samazināšanos ziemas mēnešos, bet palielinās mirstību vasaras mēnešos (Lerchl, 1998). Īpaši satraucošas šīs pārmaiņas ir lielo pilsētu aglomerāciju iedzīvotājiem, jo pilsētas siltumsalas ietekmē gaisa temperatūra pilsētas centrā ir augstāka nekā nomalē, līdz ar to arī karstuma radītais diskomforts pilsētas centrā var būt lielāks (Papanastasiou et al., 2009).

Pētījuma ietvaros apskatīts karstumu viļņu ilgums, kas atbilst dienu skaitam gadā, kad vismaz sešas dienas pēc kārtas diennakts maksimālā gaisa temperatūra pārsniedz references perioda diennakts maksimālo temperatūru 90. procentīles vērtības. Atbilstoši šai definīcijai, karstuma viļņi Latvijā vidēji ir 11-14,3 dienas ilgi (3.81. attēls). Karstuma periodu noturību ietekmē gan lokāli ģeogrāfiski apstākļi, kas ietekmē gaisa temperatūras vērtību teritoriālo sadalījumu, gan arī atmosfērā valdošie liela mēroga cirkulācijas procesi un gaisa masas, līdz ar to karstuma viļņu ilguma vidējās vērtības Latvijas teritorijā ir ļoti nevienmērīgi sadalītas. Tomēr uzskatāmi redzams karstuma viļņu ilguma maksimums Latvijas dienvidrietumu rajonos.



3.81.attēls. Ilggadīgais vidējais karstuma viļņu ilgums Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

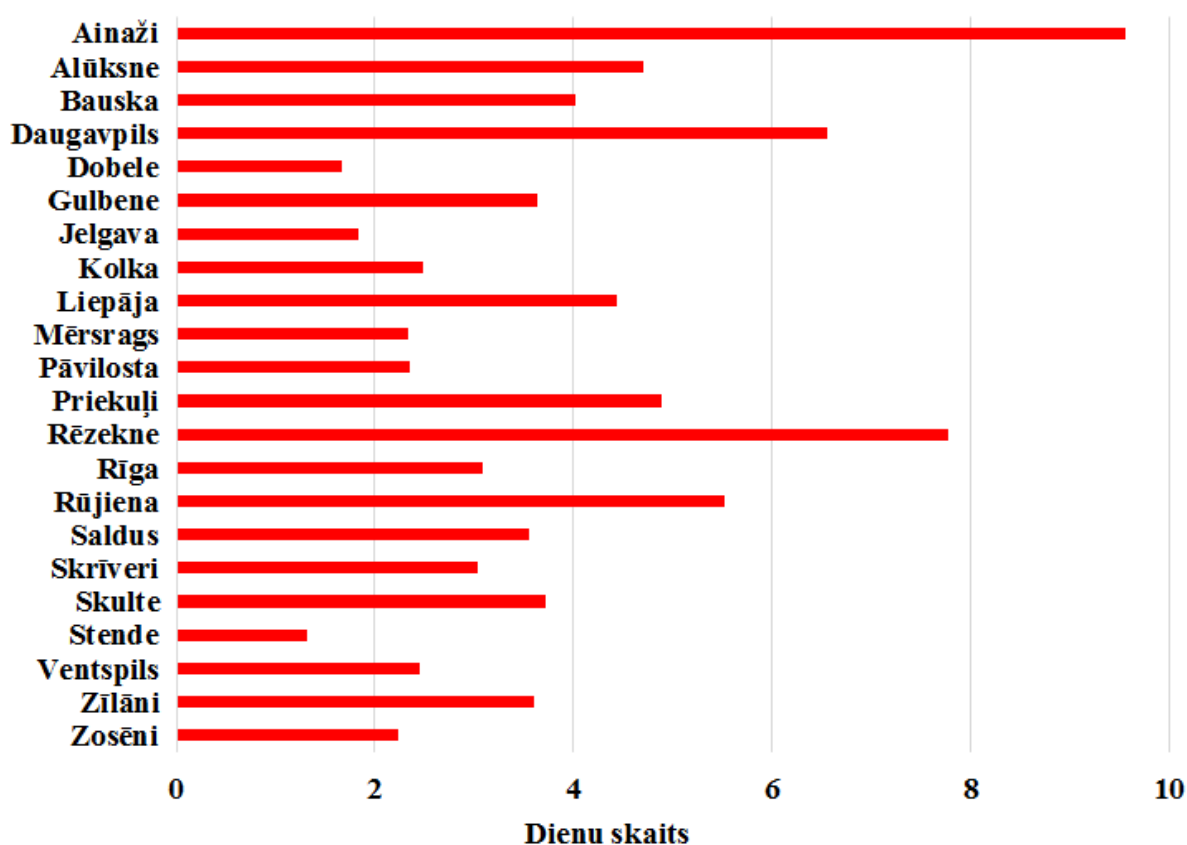


3.82.attēls. Maksimālais karstuma viļņu ilgums Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

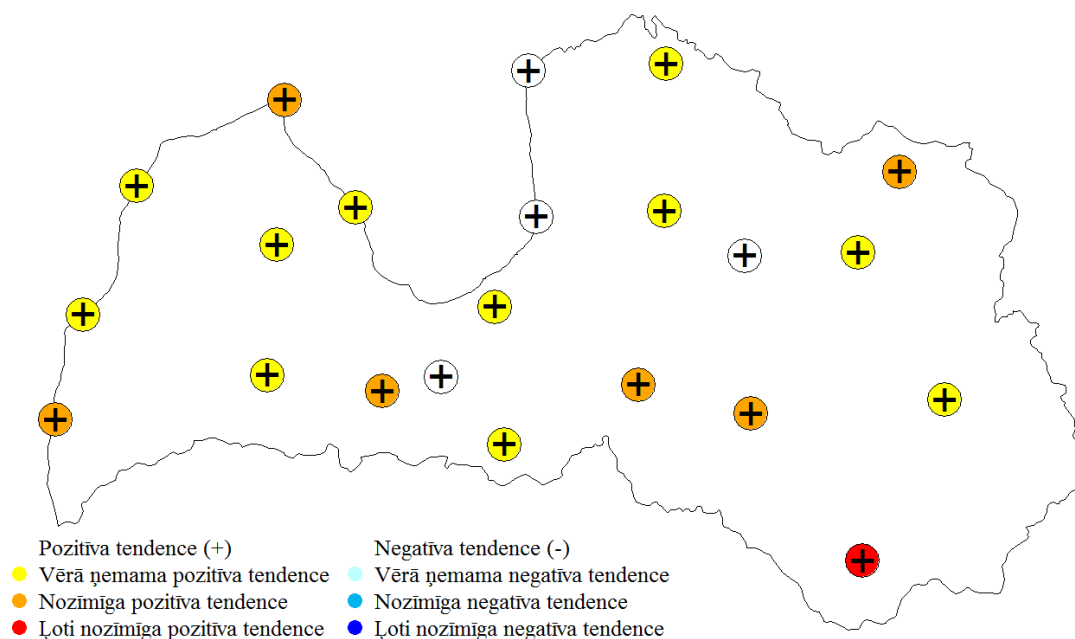
Karstuma viļņu maksimālā ilguma dinamika ilggadīgajā laika periodā norāda uz pozitīvu tendenci (3.82. attēls). Analizētā perioda pirmo trīs dekāžu laikā novēroti 7 gadi, kad nevienā no pētījumā iekļautajām meteoroloģisko novērojumu stacijām netika konstatēts neviens

karstuma viļņa definīcijai atbilstošs gadījums, savukārt pēdējo divu dekāžu laikā tikai divos gadījumos tika sasniegta zemākā karstuma viļņa kritērija vērtība, un karstuma viļņu ilgums nepārsniedza 6 dienas. Savukārt maksimālais karstuma viļņu ilgums pēdējo divu desmitgažu laikā ir sasniedzis pat 47 dienas 1990. gadā un 51 dienu 2006. gadā.

Datu rindu statistikā analīze liecina par vērā ņemamām līdz būtiskām izmaiņām karstuma viļņu ilgumā Latvijā pēdējo 50 gadu laikā (3.84. attēls): karstuma viļņu ilgums ir palielinājies, tomēr šo izmaiņu statistiskā būtiskuma līmenis teritoriāli ir izteikti atšķirīgs. Arī absolūtās vērtībās, salīdzinot mūsdienu klimata apstākļus ar klimatiskās references periodu, karstuma viļņu ilgums ir palielinājies teritoriāli izkaisīti: no mazāk par 2 dienām Dobeļē, Jelgavā un Stendē, līdz 6 un vairāk dienām Rēzeknē, Daugavpilī un Ainažos.



3.83.attēls. Karstuma viļņu ilguma izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



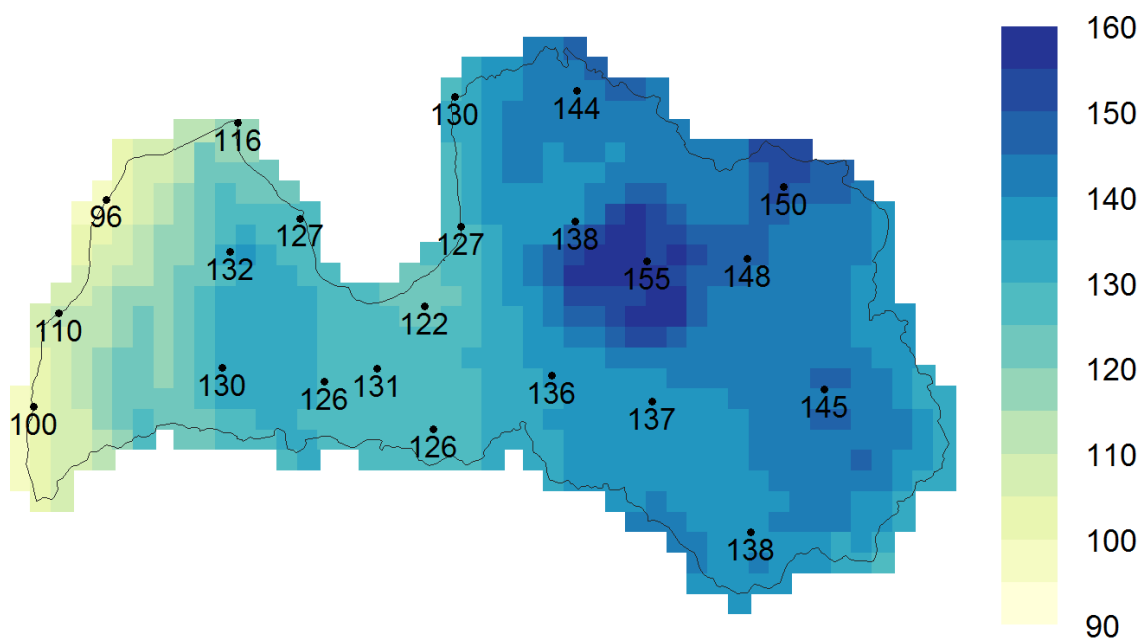
3.84.attēls. Karstuma viļņu ilguma ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### Sala dienas

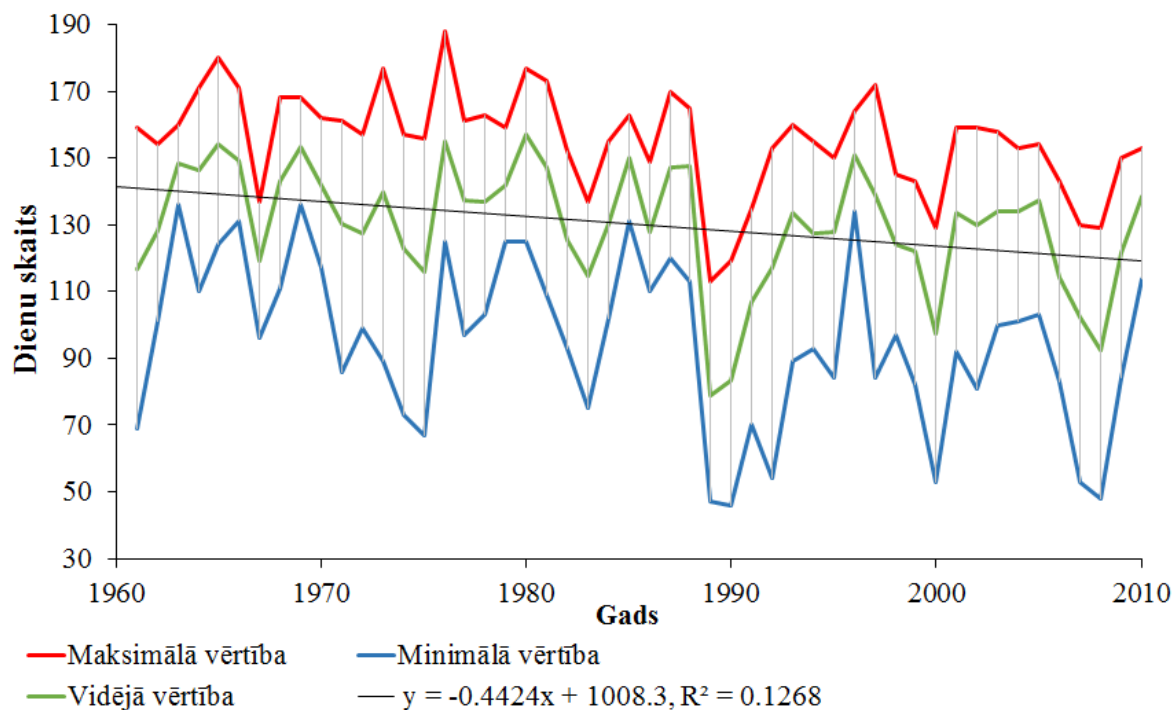
Novērotā gaisa temperatūras paaugstināšanās visvairāk skārusi gada auksto pusi, un līdz ar to arī ekstremāli aukstu dienu skaits ir rādītājs, ko klimata pārmaiņu kontekstā raksturo vislielākās izmaiņas. Par sala dienām tiek dēvētas tās dienas, kuru laikā diennakts minimālā gaisa temperatūra ir negatīva. Sala dienu skaits Latvijā vidēji ir no 96...110 dienām Baltijas jūras piekrastē, kur jūras tuvums nosaka mērenāku ziemas sezonu izpausmes, līdz 140...155 dienām Austrumlatvijas augstieņu apgabalos, kur raksturīga lielāka kontinentalitāte un līdz ar to arī sniegotākas un bargākas ziemas (3.85. attēls). Uz kopējā sala dienu skaita teritoriālā sadalījuma fona izceļas arī Rīgas pilsēta, kur sala dienu skaits ir nedaudz mazāks nekā apkārtējās teritorijās.

Ilggadīgajā laika periodā sala dienu skaits vidēji Latvijā svārstās 78 un 157 dienu robežās (3.86. attēls). Minimālā gaisa temperatūra zemāka par 0°C laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam ir novērota visos mēnešos izņemot jūliju, tomēr visvairāk sala dienu ir tieši ziemas mēnešos. Līdz šim vislielākais sala dienu skaits Latvijā novērots 1976. gadā, kad tas Zosēnu meteoroloģisko novērojumu stacijā sasniedzis 188 dienas jeb vairāk nekā pusi no gada. Savukārt vismazākais sala dienu skaits gada laikā novērots 1989., 1990. un 2008. gadā, kad tas Ventspilī nav pārsniedzis 46-48 dienas. Lai gan 2008. gads Latvijas teritorijā ir bijis ļoti silts un

līdz ar to arī sala dienu skaits sasniedzis vien 48-129 dienas, perioda pēdējos divos gados sala dienu skaits Latvijā jau atkal ir nedaudz palielinājies, 2010. gadā sasniedzot 114-153 dienas.

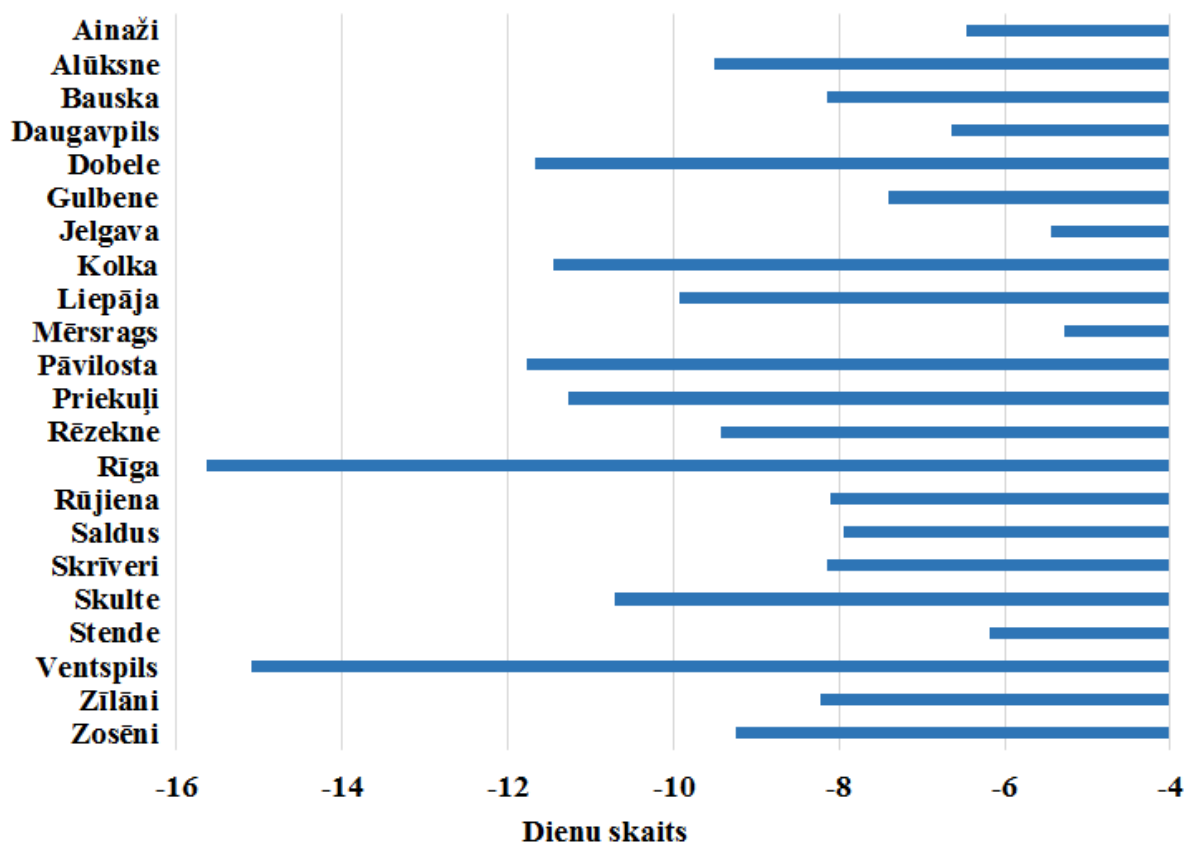


3.85.attēls. Ilggadīgais vidējais sala dienu skaits Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



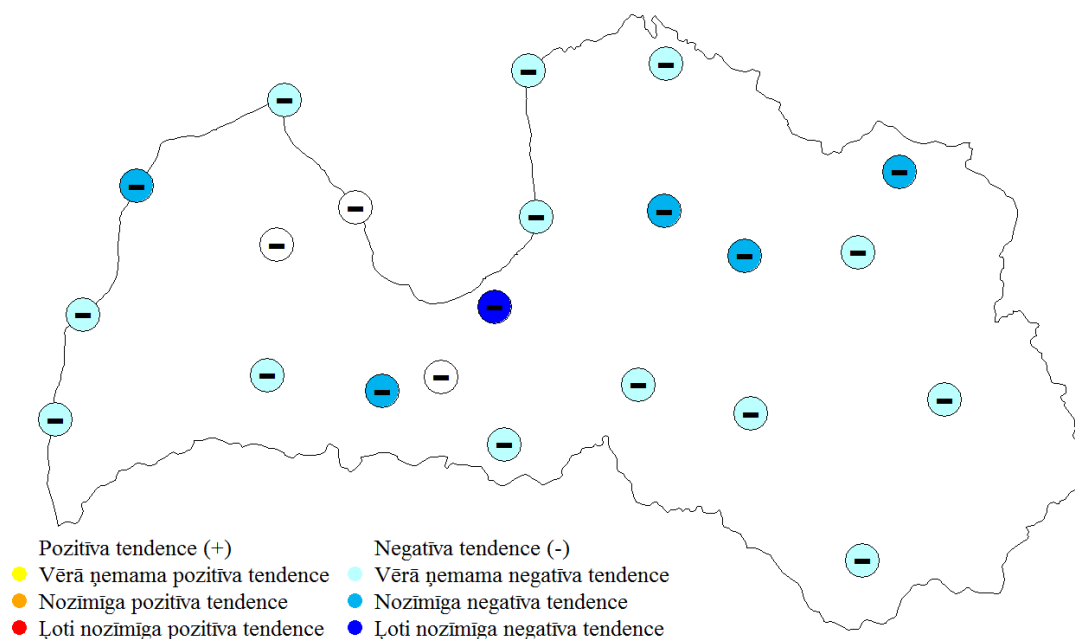
3.86.attēls. Sala dienu skaits Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Mūsdienās sala dienu skaits ir par 4-10, atsevišķās vietās pat 10-16 dienām mazāks nekā klimatiskās references periodā, uzskatāmi parādot gaisa temperatūras paaugstināšanās apmērus ziemas sezonas laikā (3.87. attēls). Arī citviet Eiropā laika periodā no 1946. līdz 1999. gadam sala dienu skaits ir samazinājies par vidēji 9,2 dienām (Klein Tank, 2004). Sala dienu skaita izmaiņu tendenču analīze norāda uz statistiski vērā ņemamām līdz būtiskām izmaiņām lielākajā valsts daļā, kā arī uz ļoti būtisku sala dienu skaita samazināšanos Rīgā (3.88. attēls).



3.87.attēls. Sala dienu skaita izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

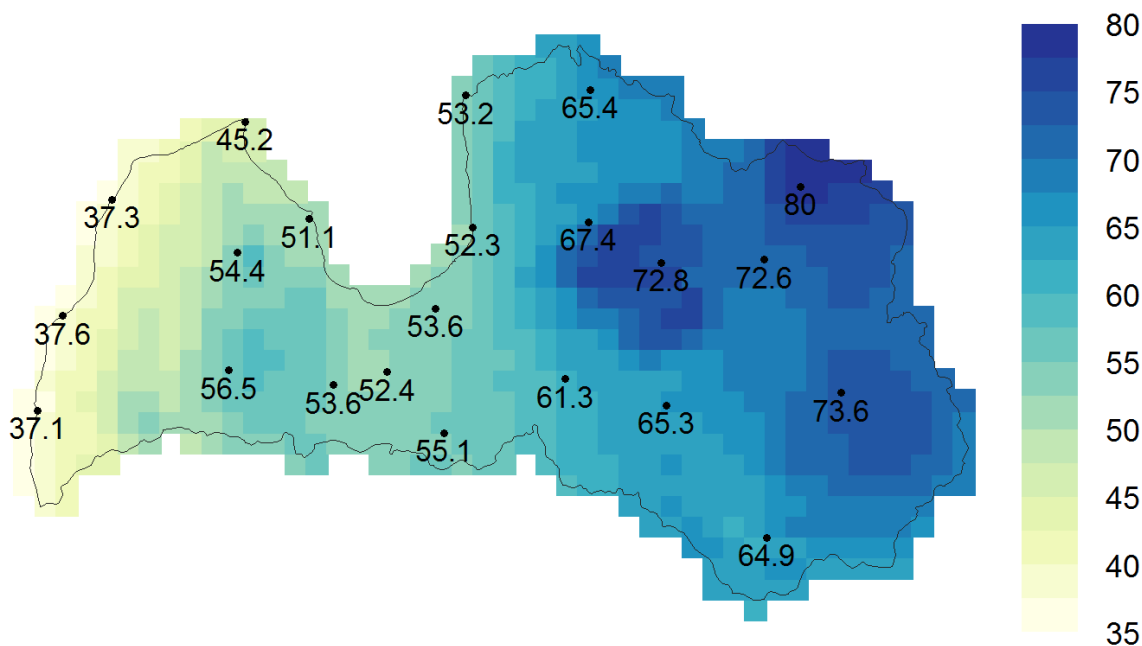




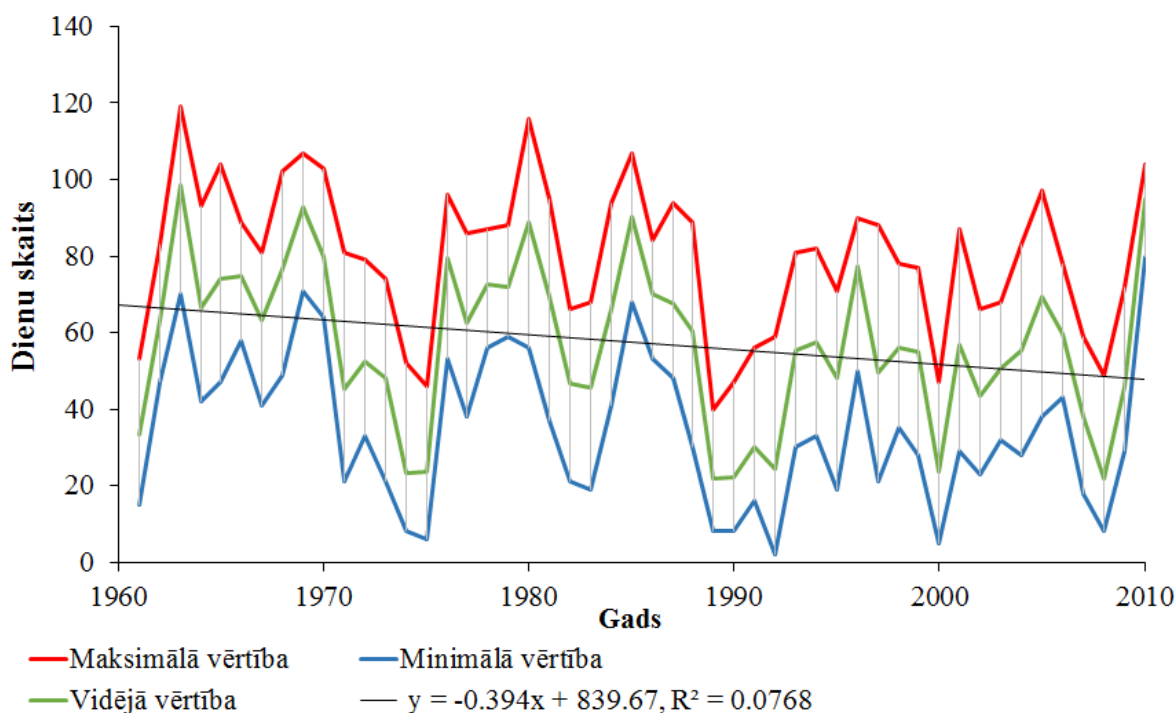
3.88.attēls. Sala dienu skaita ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### Dienas bez atkušņa

Dienas bez atkušņa ir tās dienas gadā, kuru laikā arī diennakts maksimālā gaisa temperatūra nepārsniedz  $0^{\circ}\text{C}$  atzīmi – jeb dienas, kurās gaisa temperatūra visu diennakti ir negatīva. Līdz ar to, ka dienas bez atkušņa raksturīgas noturīgāka sala apstākļiem, nekā iepriekš aprakstītās sala dienas, to ikgadējais novērojumu skaits Latvijā ir krietni mazāks (3.89. attēls). Vismazāk dienu bez atkušņa Latvijā ir Baltijas jūras piekrastē, savukārt valsts austrumos tās sasniedz 65-80 dienas gadā.



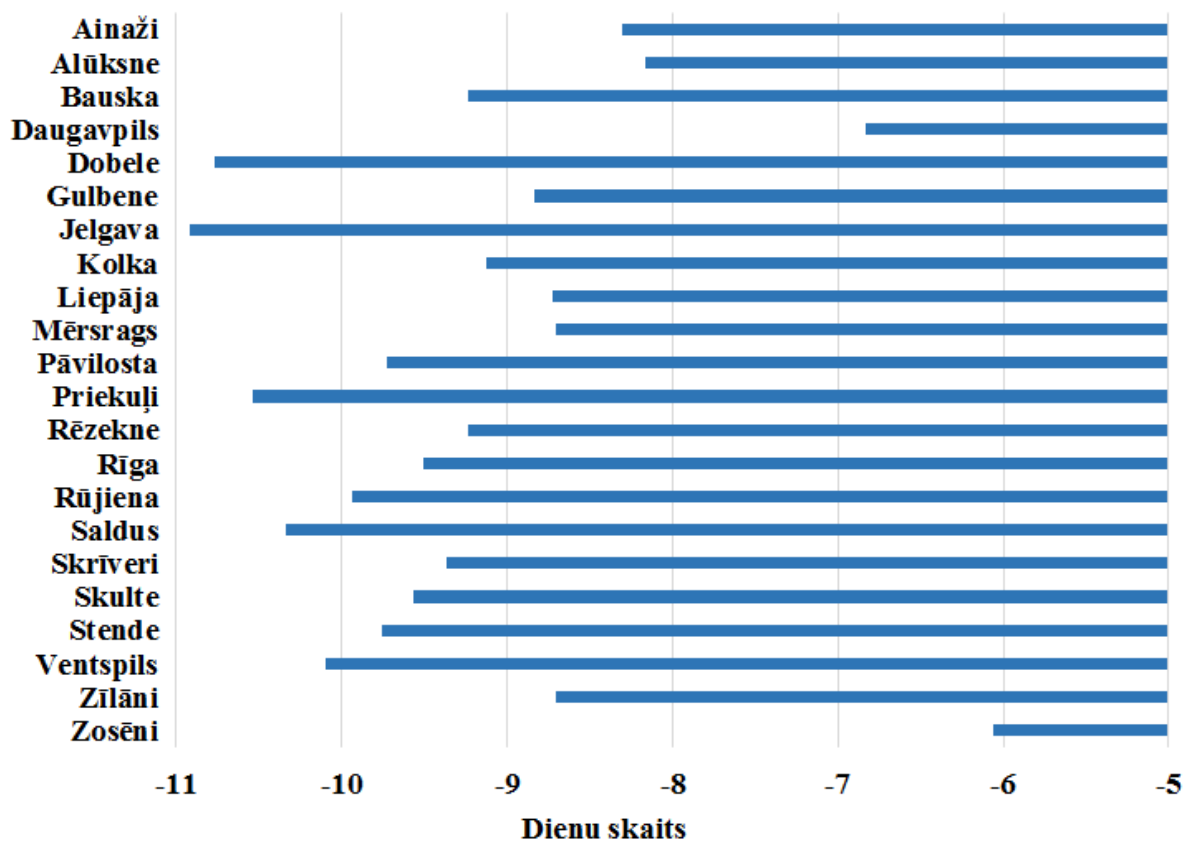
3.89.attēls. Ilggadīgais vidējais dienu bez atkušņa skaits Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



3.90.attēls. Dienų bez atkušņa skaits Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

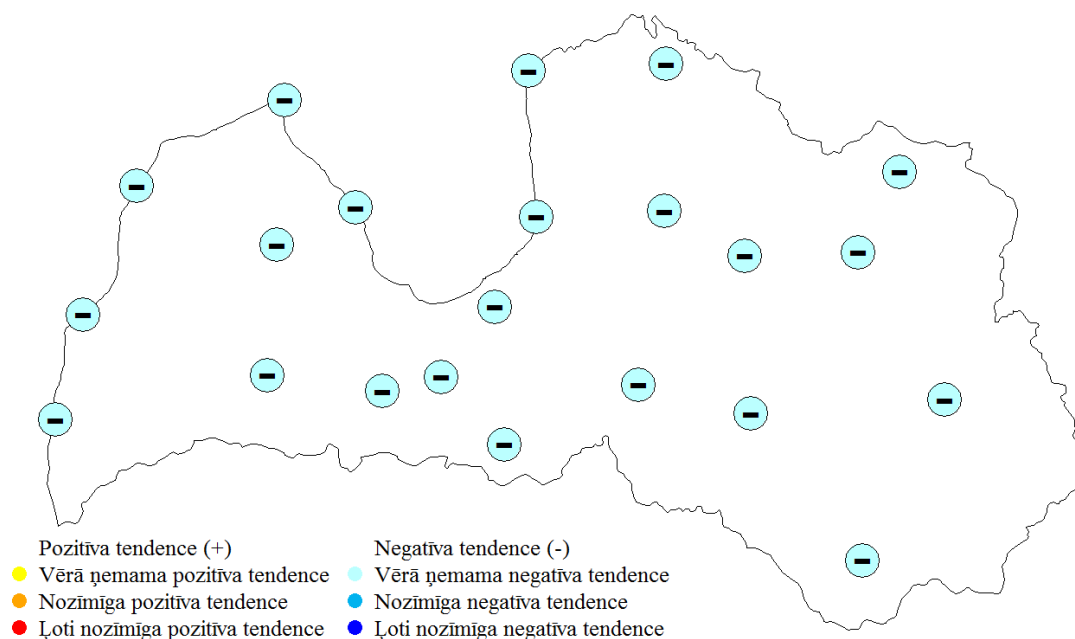
Dienų bez atkušņa skaits vidēji Latvijā svārstās no 21 dienas siltākos gados līdz pat 98 dienām gados ar bargākām ziemām (3.90. attēls), tomēr teritoriāli atsevišķos gados novērotas arī ekstremāli augstas un zemas dienu bez atkušņa skaita vērtības. 1992. gadā Ventspilī novērots līdz šim viszemākais dienu bez atkušņa skaits – attiecīgajā gadā Ventspilī gaisa temperatūra

tikai divas diennaktis pieturējās negatīva. Savukārt vislielākais līdz šim novērotais sala dienu skaits reģistrēts 1963. gadā Alūksnē, kad 119 dienas jeb gandrīz 4 mēnešus gan nakts, gan dienas laikā valdījis stabils sals.



3.91.attēls. Dienų bez atkušņa skaita izmaiņas Latvijā starp mūsdienų klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

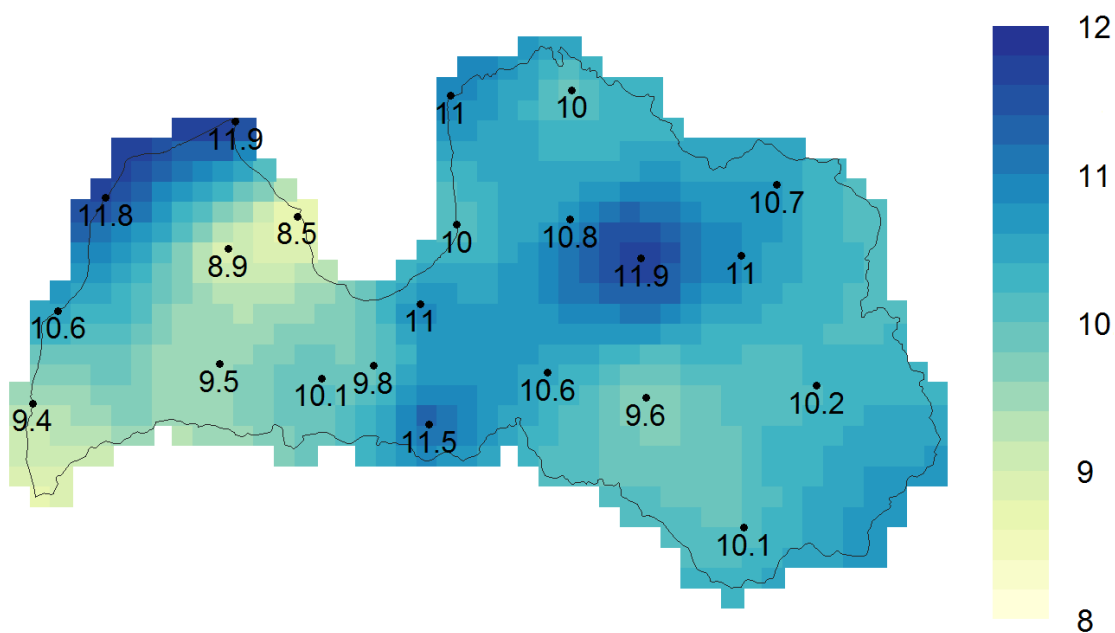
Pēdējo 30 gadu laikā Latvijā novērotas par 5-11 dienām mazāk dienu bez atkušņa (3.91. attēls), turklāt visās novērojumu stacijās dienu bez atkušņa skaita samazināšanās ir bijusi statistiski vērā ņemama (3.92. attēls).



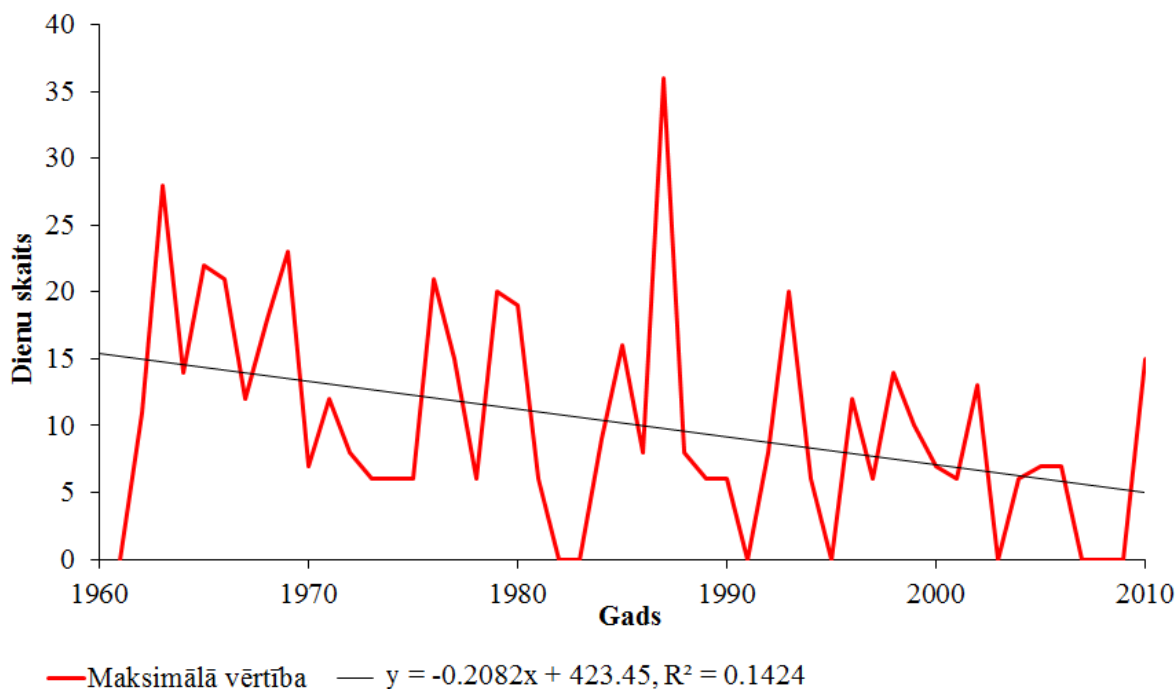
3.92.attēls. Dienu bez atkušņa skaita ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### Aukstuma viļņu ilgums

Aukstuma viļņu ilgums raksturo stabila sala apstākļus un tiek definēts kā dienu skaits gadā, kad vismaz 6 dienas pēc kārtas minimālā gaisa temperatūra ir zemāka par references perioda 10. procentīles vērtībām. Latvijā aukstuma viļņu ilgums ir no 8,5 līdz 11,9 dienām, iezīmējot lokālus maksimumus Vidzemes augstienes apkārtnē, Zemgalē ap Bausku, kā arī Kurzemes ziemeļrietumos (3.93. attēls). Aukstuma viļņu ilgums Latvijā pārsvarā nepārsniedz 20 dienas, tomēr atsevišķās ziemās, piemēram, 1987. gadā Dobelē, sasniedz pat 37 dienas jeb vairāk nekā mēnesi noturīga spēcīga sala (3.94. attēls). Tomēr pēdējo dekāžu gaitā aukstuma periodu ilgums ir aizvien vairāk samazinājies, un 2007.-2009. gadā netika novērots neviens vismaz 6 dienas ilgs nepārtraukta sala periods.

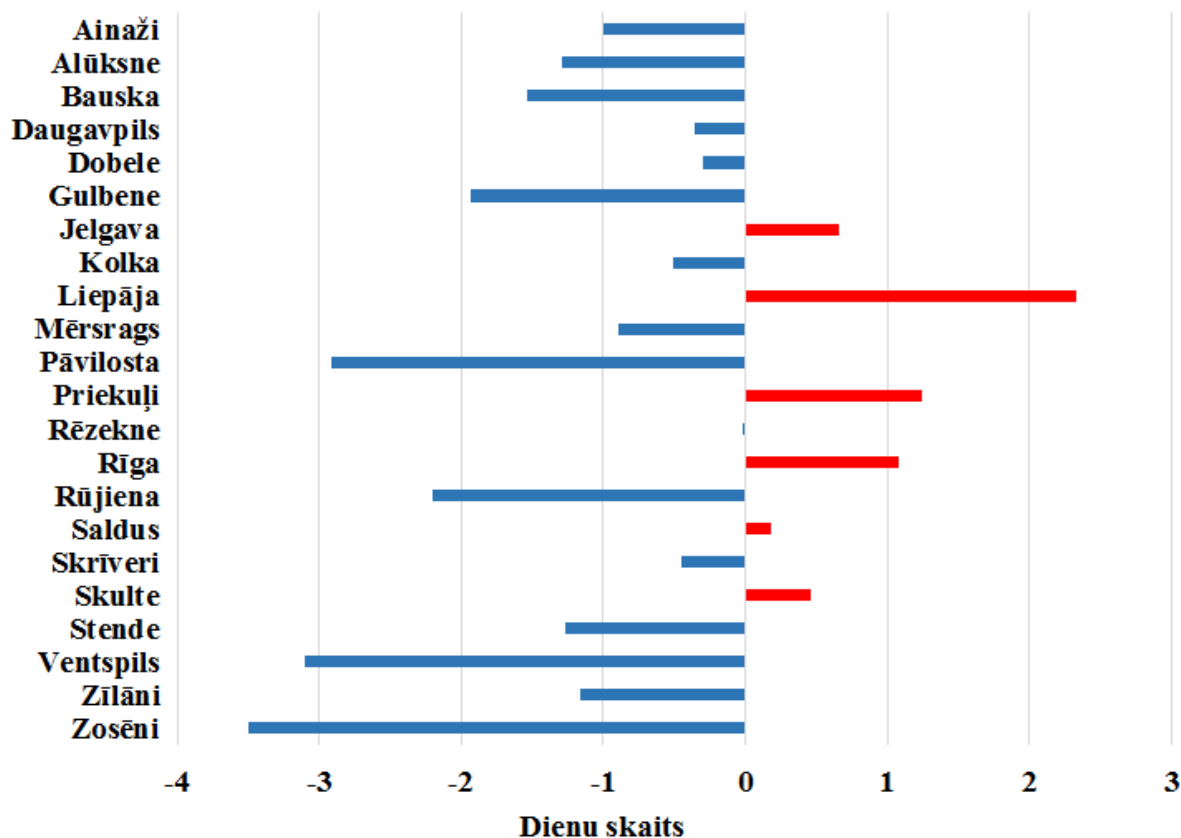


3.93.attēls. Ilggadīgais vidējais aukstuma viļņu ilgums Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

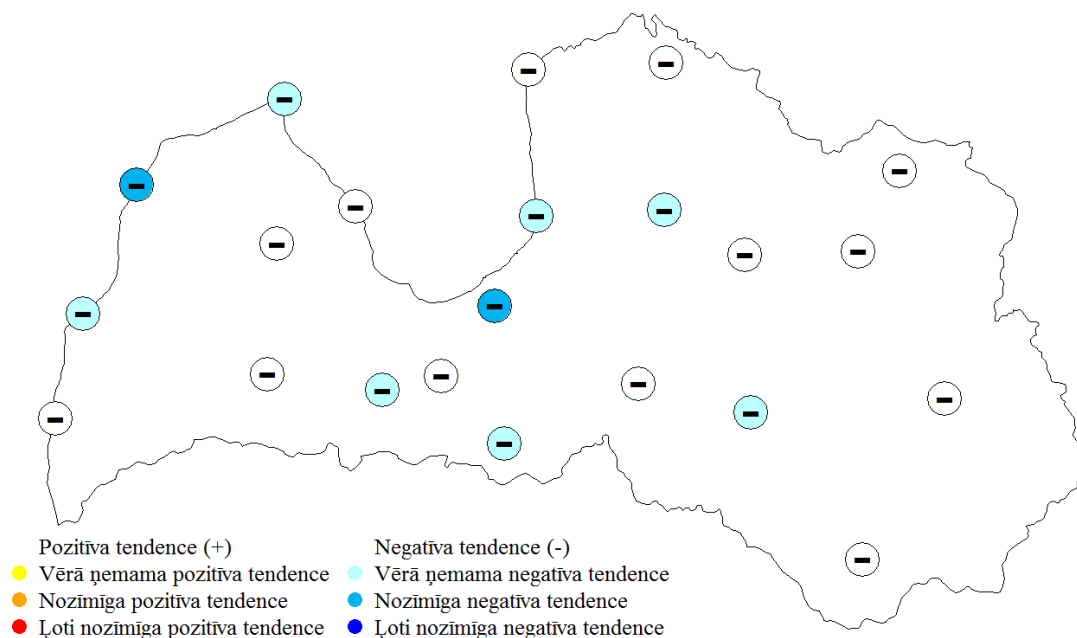


3.94.attēls. Maksimālais aukstuma viļņu ilgums Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Aukstuma viļņu ilguma izmaiņu tendenču analīze Latvijā norāda uz pārsvarā mazbūtiskām aukstuma viļņu ilguma samazināšanās tendencēm (3.96. attēls), līdz ar to arī, salīdzinot ar klimatiskās references periodu, daļā meteoroloģisko novērojumu staciju aukstuma viļņu ilgums ir nedaudz samazinājies, bet citās – palielinājies (3.95. attēls).



3.95.attēls. Dienu bez atkušņa skaita izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



3.96.attēls. Dienu bez atkušņa skaita ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### 3.2. Atmosfēras nokrišņi

Nokrišņi kā atmosfēras parādība tiek definēti dažādi, tomēr lielākoties skaidrojumi ir līdzīgi un raksturo vienu un to pašu procesu. Lielbritānijas nacionālais meteoroloģijas centrs atmosfēras nokrišņus definē kā jebkāda veida ūdeni (šķidrā vai cietā stāvoklī), kas krīt no gaisa. Nokrišņi ietver lietu, slapju sniegu, sniegu, krusu, smidzināšanu, kā arī retāk novērojamus nokrišņu veidus, piemēram, sniega un ledus graudus, ledus adatas un sasalstošu lietu (Met Office, 2016). Nokrišņi novērojami apstākļos, kad debesīs ir izveidojušies mākoņi, tomēr ne vienmēr mākoņi nes nokrišņus, kas sasniedz zemes virsmu – lai izkristu nokrišņi, mākoņus veidojošām ledus daļiņām vai ūdens pilieniem ir jāsasniedz noteikts izmērs un svars. Mākonī, kas sastāv no ūdens pilieniem, šo pilienu diametrs ir 0,002 cm, savukārt lietus mākoņos ūdens pilienam diametrs un arī svars ir 100 reizes lielāks, un tādēļ tie izkrīt nokrišņu veidā (Ahrens, 2009).

Atmosfēras nokrišņu klimatoloģija un ilggadīgās izmaiņas ir svarīga zinātniskās izpētes tēma – atmosfēras nokrišņu intensitāte ietekmē dažādus procesus, kā arī tas ir viens no noteicošajiem parametriem klimata zonu klasifikācijā (Kottek et al., 2006.). Atmosfēras nokrišņu raksturs ietekmē dabiskās ekosistēmas, cilvēka dzīvesvidi un daudzas saimnieciskās darbības jomas, piemēram, lauksaimniecību un enerģētiku. Būtisks ir ne tikai kopējais nokrišņu daudzums kādā laika periodā, bet arī tā sadalījums gada laikā (Kļaviņš et al., 2008). Tomēr jāmin, ka atmosfēras nokrišņu daudzuma klimatiskā analīze ir daudz sarežģītāka par gaisa temperatūras vai vēja ātruma analīzi, jo šī parādība nav konstanta – atmosfēras nokrišņi nav parādība, kas novērojama nepārtraukti, līdz ar to atmosfēras nokrišņu klimatoloģiju raksturo ne vien to intensitāte, bet arī biežums.

Visos pasaules reģionos plūdi, sausums un nokrišņu daudzums ik gadu un dekādi ir raksturojami ar lielu mainību, tomēr lielākajā daļā pasaules reģionu pēdējās dekādes laikā nokrišņu daudzums ir bijis virs ilggadīgās normas. Balstoties uz Pasaules Meteoroloģijas organizācijas datiem, lielākais 24 stundu nokrišņu daudzuma rekordu skaits pasaulē ir sasniegts tieši pēdējo divu dekāžu laikā (laika periodā no 1991. līdz 2010. gadam). Kopš 1901. gada dekāde no 2001. līdz 2010. gadam ir bijusi otra mitrākā dekāde pasaulē aiz desmitgades laikā no 1951. līdz 1960. gadam. Tajā pašā laikā, 2010. gads ir bijis mitrākais gads pasaulē novērojumu vēsturē, kam seko 1956. un 2000. gads, turklāt visos trīs iepriekš minētajos gados ir ticis novērots pastiprināts La Ninja parādības efekts (WMO, 2013). Baltijas jūras reģionā divdesmitā gadsimta laikā nokrišņu raksturā ir pastāvējusi ievērojami lielāka mainība nekā temperatūras raksturā. Ir reģioni, kur nokrišņu daudzums ir palielinājies, bet tajā pašā laikā ir arī tādi, kuros tas ir samazinājies (The BACC Author Team, 2008). Viennozīmīgas ilgtermiņa

izmaiņu tendences šajā reģionā līdz šim nav konstatētas, tomēr pastāv liecības par to, ka kopumā Baltija jūras reģionā varētu būt palielinājies nokrišņiem bagātu periodu ilgums, kā arī ekstremālu nokrišņu atkārtotā iespējamība (The BACC II Author Team, 2015).

Ņemot vērā, ka silts gaiss spēj uzturēt lielāku mitruma daudzumu nekā auksts gaiss, pastāv augsta ticamība tam, ka klimata pārmaiņu rezultātā ekstremālo nokrišņu gadījumu skaits un intensitāte turpinās palielināties arī nākotnē – Klimata pārmaiņu starpvaldību ekspertu grupa pēc jaunākajām aplēsēm prognozē, ka līdz šī gadsimta beigām vidējo platumu grādos un mitrajos tropiskajos apgabalos ekstremālu nokrišņu gadījumu skaits palielināsies un tiem būs raksturīga arī lielāka intensitāte. Tiek prognozēts, ka 21. gadsimtā pasaulē kopumā nokrišņu kontrasts starp sausajiem un mitrajiem reģioniem un starp sausajām un mitrajām gada sezonām palielināsies, tomēr izmaiņas nebūs reģionāli vienveidīgas un atsevišķas vietas varēs tikt raksturotas kā izņēmumi kopējām tendencēm (IPCC, 2014).

### ***3.2.1. Vidējo atmosfēras nokrišņu rādītāju izmaiņas Latvijā***

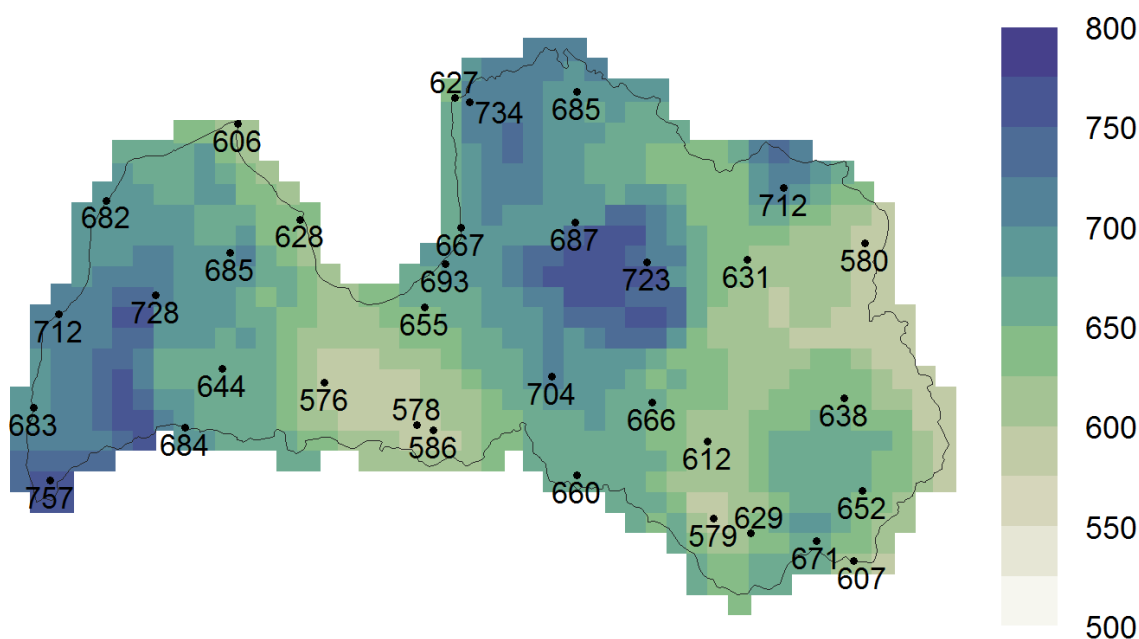
Līdzšinējie klimatiskās informācijas apkopojumi liecina, ka Latvijā gadā vidēji ir 170-200 dienas ar nokrišņiem. Vidējais gada nokrišņu daudzums ir 703 mm, kas katru gadu pārsniedz iztvaikošanu par vidēji 245 mm. Teritoriālais nokrišņu sadalījums Latvijā nav vienots un ir ievērojami atkarīgs no dažādiem lokālajiem apstākļiem, kā arī tam raksturīga gan sezonāla mainība, gan arī cikliskums ilgāku laika periodu griezumā (Briede and Lizuma, 2007). Šī pētījuma ietvaros tika analizēti ikdienas meteoroloģisko novērojumu dati no 48 meteoroloģisko novērojumu stacijām Latvijas teritorijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam. Atmosfēras nokrišņu raksturojumam minētajā 50 gadu periodā tika novērtētas gan to kopējā daudzuma izplatības raksturs un izmaiņas, gan arī intensitāte un nepārtrauktu sausu vai mitru periodu ilgums.

#### **Kopējais nokrišņu daudzums**

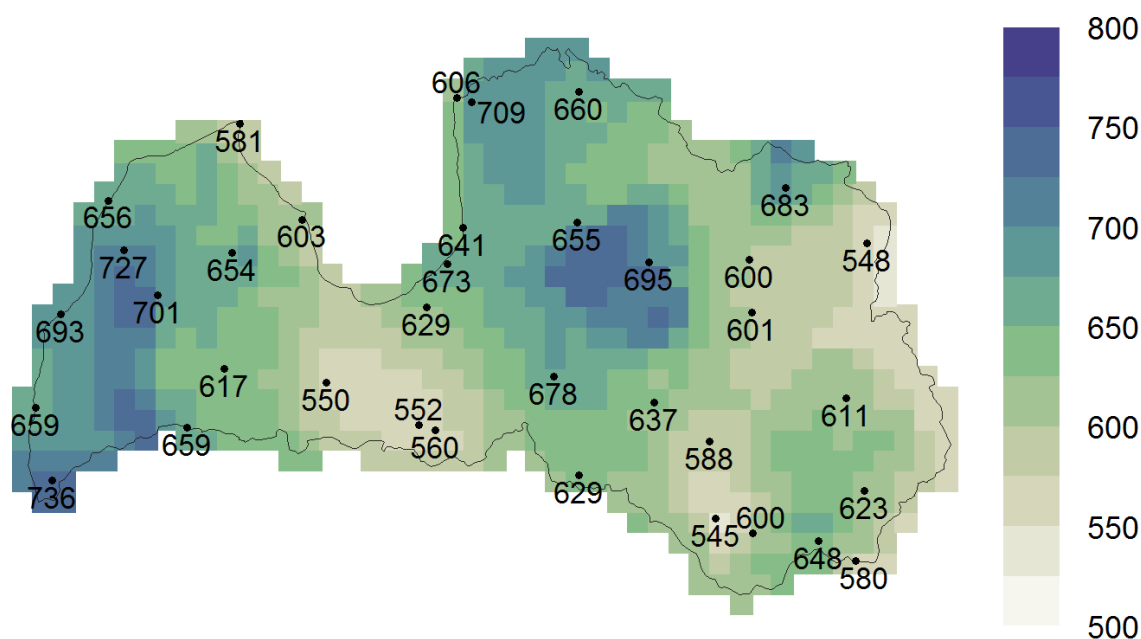
Kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums tiek raksturots, izmantojot kopējo akumulēto atmosfēras nokrišņu daudzumu kādā vietā noteiktā laika periodā. Šie periodi atkarībā no pielietojuma mērķa var būt ilgumā no minūtēm un stundām līdz mēnešiem, sezonām un gadiem. Raksturojot teritorijas klimatiskos apstākļus, parasti tiek izmantots atmosfēras nokrišņu daudzums ilgākos laika periodos, piemēram, atsevišķu mēnešu un gadu laikā, savukārt laika apstākļu izraisītu risku novērtēšanā, kā arī laika apstākļu brīdinājumu sagatavošanā parasti tiek izmantots nokrišņu daudzums īsākos laika periodos – līdz 6-24 stundām.



Gada kopējais nokrišņu daudzums Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam ir 576-757 mm (3.97. attēls), un atmosfēras nokrišņu daudzuma sadalījums valstī ir izteikti saistīts ar lokālu reljefa, kā arī Baltijas jūras un Rīgas līča tuvuma ietekmi. Visvairāk nokrišņu gada laikā Latvijas teritorijā ir valsts augstieņu apgabalos rietumu daļās, tādējādi iezīmējot lokālus maksimumus Vidzemes augstienes un Kurzemes augstieņu rietumu daļās. Maksimumu Kurzemē, kā arī Vidzemes ziemeļrietumu daļā ietekmē arī novietojums Baltijas jūras un Rīgas līča tuvumā – valdošās gaisa masu plūsmas no rietumiem veicina lielāku nokrišņu akumulāciju gada laikā arī pretvēja piekrastes apgabalos. Savukārt mazākais nokrišņu daudzums Latvijas teritorijā gada griezumā novērojams Zemgales līdzenumā, Kurzemē līča piekrastē, kā arī valsts dienvidaustrumu rajonos. Ja salīdzina gada kopējo atmosfēras nokrišņu daudzumu Latvijā ar nokrišņu daudzumu dienās, kad nokrišņu daudzums sasniedz 1 mm (3.98. attēls), var secināt, ka vidēji aptuveni 20-25 mm nokrišņu ik gadu izkrīt dienās, kad kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums ir neliels, tomēr šādu dienu klātbūtne neietekmē atmosfēras nokrišņu teritoriālo sadalījumu gada laikā.

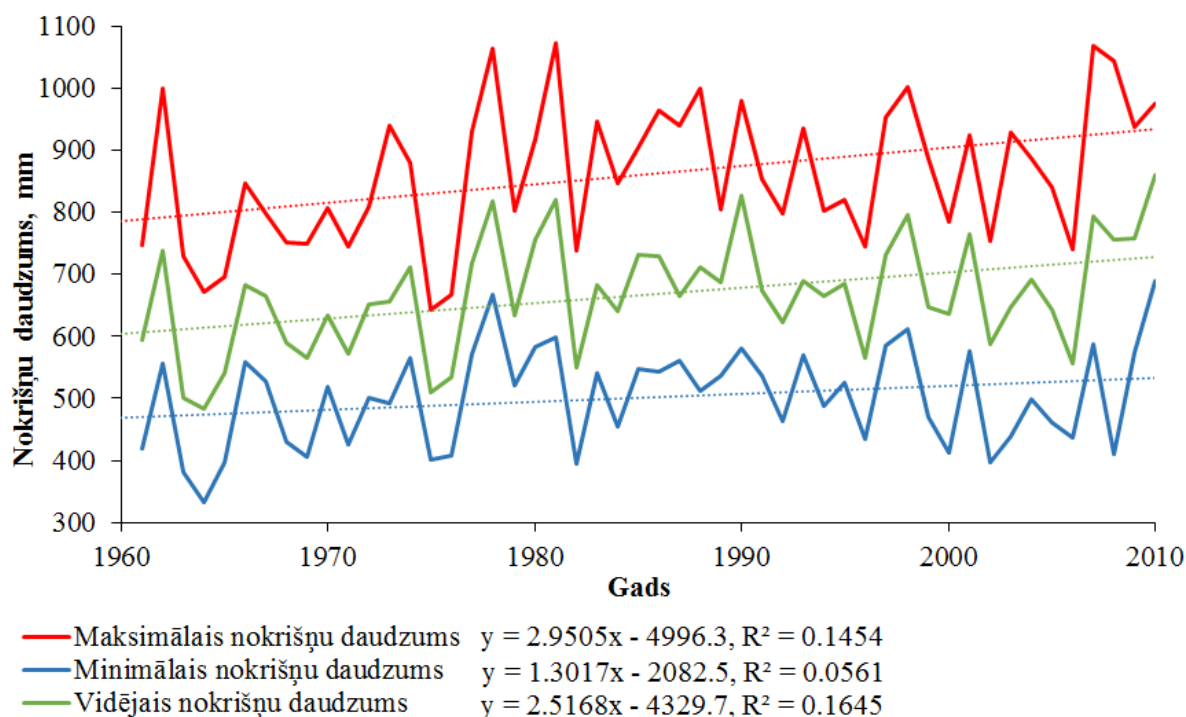


3.97.attēls. Ilggadīgais vidējais atmosfēras nokrišņu daudzums (mm) gada laikā Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



3.98.attēls. Ilggadīgais vidējais atmosfēras nokrišņu daudzums (mm) gada laikā mitrās dienās (diennakts nokrišņu daudzums  $\geq 1$  mm) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

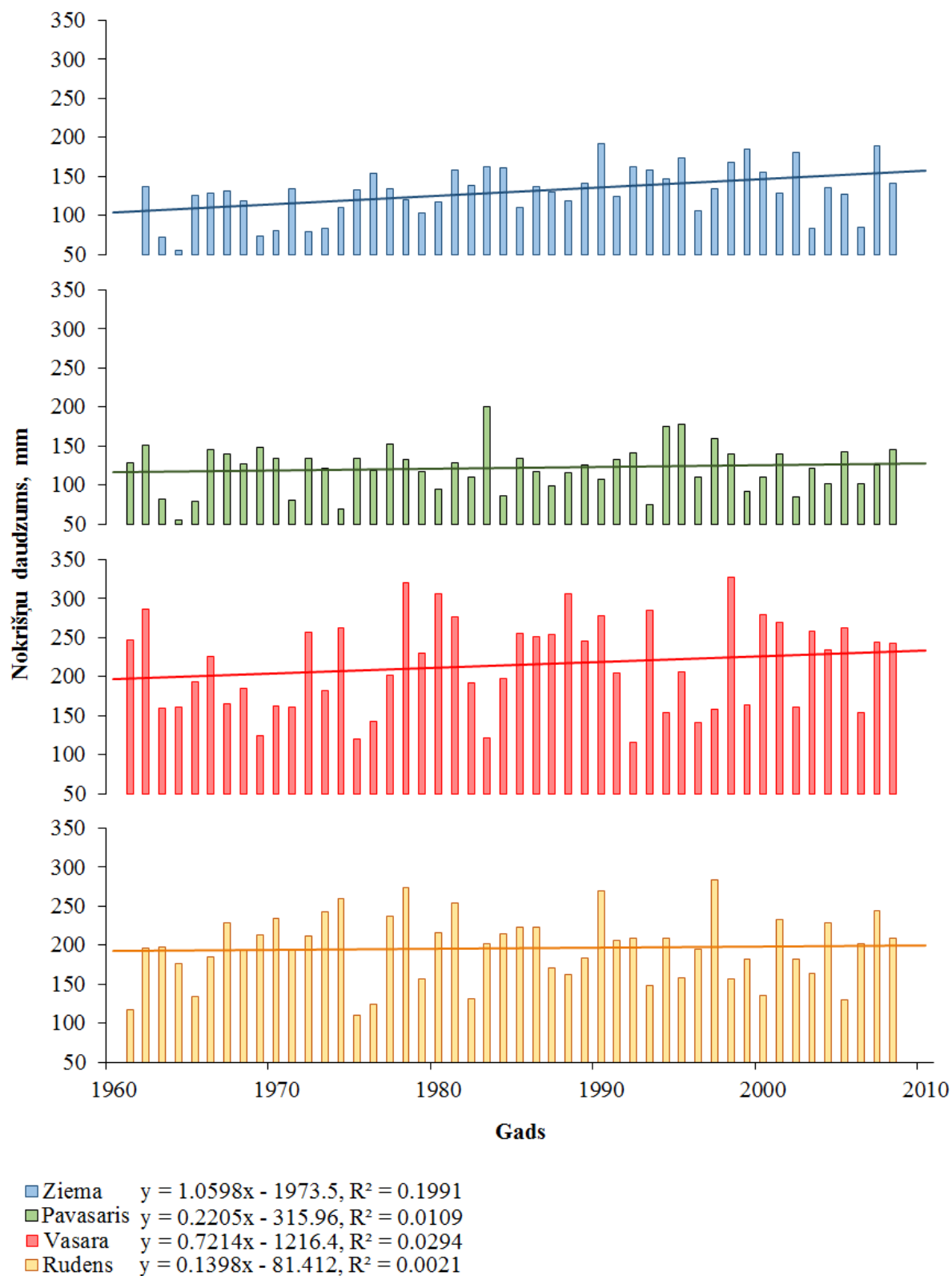
Atmosfēras nokrišņu daudzums gadu no gada Latvijā ir mainīgs, mitrākiem gadiem mijoties ar sausākiem gadiem, turklāt iezīmējot vāji izteiktu atmosfēras nokrišņu daudzuma cikliskumu apskatītā perioda gaitā (3.99. attēls). Vidēji Latvijā apskatītajā periodā nokrišņu daudzums gadu no gada variē 484-827 mm robežās, tomēr katru gadu valstī kādā meteoroloģisko novērojumu stacijā kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums krasi atšķiras no vidējā valsts teritorijā. Apskatītajā periodā vissausākais gads vidēji Latvijā bijis 1964. gads, kad vidējais nokrišņu daudzums valstī bijis 484 mm, un teritoriāli svārstījies no tikai 331,5 mm Kolkā līdz 672,2 mm Lielpečos. Šajā gadā novērotais kopējais nokrišņu daudzums Kolkā bijis arī apskatītajā periodā mazākais Latvijā novērotais gada kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums. Savukārt vislielākais atmosfēras nokrišņu daudzums gada laikā vidēji Latvijā – 827,9 mm – novērots 1990. gadā, kad tas teritoriāli svārstījies no 581,5 mm Mežotnē līdz 980,6 mm Kuldīgā. Apskatītajā periodā vislielākais gada laikā novērotais atmosfēras nokrišņu daudzums reģistrēts 1981. gadā Vendzavā, kad tas sasniedzis 1074,4 mm, un arī citviet valstī nav bijis mazāks par 598,8 mm (Vaikuļāni). Arī perioda pēdējās dekādes laikā Latvijā novēroti gadījumi, kad gada kopējais nokrišņu daudzums kādā novērojumu stacijā pārsniedzis 1000 mm sliekšni: 2007. gadā Limbažos (sasniedzot 1068,6 mm), Pāvilostā un Siguldā, kā arī 2008. gadā Limbažos un Siguldā.



3.99.attēls. Gada kopējā nokrišņu daudzuma izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Atmosfēras nokrišņu daudzumam Latvijas teritorijā raksturīgas ne tikai lokālas izplatības iezīmes, bet arī sezonālitate (3.100 attēls), ko nosaka dominējošie atmosfēras cirkulācijas apstākļi dažādu sezonu laikā. Dominējošās rietumu gaisa masu plūsmas ietekmē rudens un ziemas sezonās Latvijā valda ciklonu darbības ietekme, nosakot mākoņiem un nokrišņiem bagātus laika apstākļus valsts teritorijā. Šajās sezonās nokrišņi valstī ir mēreni intensīvi, bet salīdzinoši bieži, kā arī, pie labvēlīgiem gaisa temperatūras apstākļiem bargās ziemās valsts teritoriju klāj bieža sniega sega. Līdzšinējo klimata pārmaiņu rezultātā kopumā Latvijā novērojam aizvien siltākas ziemas, kā ietekmē sniega īpatsvars nokrišņu veidā samazinās, tomēr kopējais nokrišņu daudzums nedaudz palielinās. Atmosfēras nokrišņu daudzumam ziemas un pavasara laikā ir ievērojama ietekme uz pavasara palu veidošanās procesiem un intensitāti, līdz ar to Latvijas teritorijā kopējā nokrišņu daudzuma svārstības un palielināšanās šajās sezonās var radīt ievērojamu apdraudējumu. Vidējais nokrišņu daudzums rudens sezonā ir 196,1 mm, un periodā vissausākais rudens ar nokrišņu daudzumu tikai 110,5 mm novērots 1975. gadā, savukārt mitrākais ar kopējo nokrišņu daudzumu 283,8 mm – 1997. gadā. Ziemas sezonā tipiski nokrišņu daudzums Latvijā ir mazāks – vidēji 130,2 mm. Līdz šim nokrišņiem visbagātākā ziema novērota 1990. gadā, kad nokrišņu daudzums vidēji valstī sasniedzis 191,5 mm, savukārt vissausākā ziema bijusi 1964. gadā, kad vidējais nokrišņu daudzums bijis vien 55,8 mm. Klimatiski vismazāk nokrišņu Latvijā ir pavasara sezonā, kad rimstas ziemas laikā dominējušie cikloni, atmosfēras spiediens paaugstinās, bet vasaras sezonai

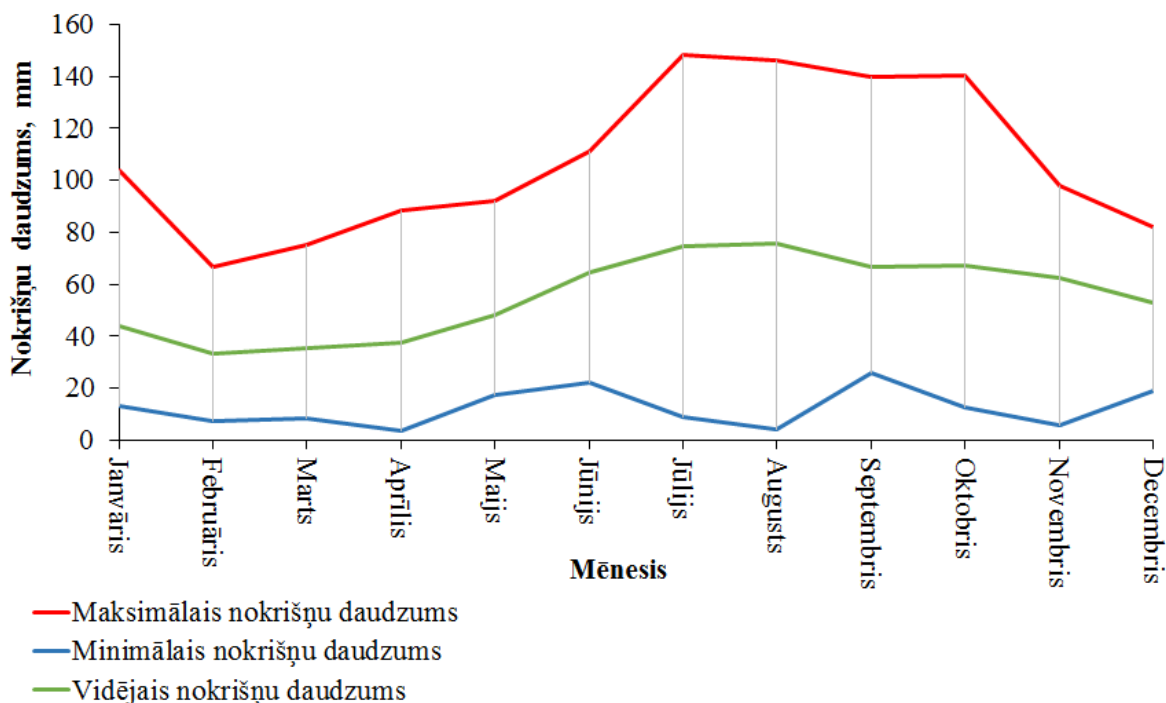
raksturīgie konvektīvo nokrišņu veidošanās procesi vēl nav aizsākušies. Vidēji pavasara laikā Latvijā izkrīt 121,7 mm nokrišņu, bet mitrākajos gados, piemēram, 1983. gada pavasarī, to daudzums sasniedzis pat 200,8 mm. Savukārt pēc sausās 1964. gada ziemas arī pavasaris bijis izteikti sauss, un kopējais nokrišņu daudzums nav pārsniedzis 55,1 mm.



3.100.attēls. Sezonu kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Savukārt nokrišņiem visbagātākā sezona Latvijā ir vasara, kad nokrišņu daudzums valstī sasniedz vidēji 215,2 mm. Šajā sezonā dominē konvektīvā tipa atmosfēras nokrišņi, kam raksturīgas īslaicīgas, ļoti lokālas, kā arī intensīvas lietavas. Šī lokālā rakstura dēļ arī kopējais nokrišņu daudzums Latvijas teritorijā vasaras laikā gadu no gada ir krasi atšķirīgs – apskatītajā periodā tas svārstījies no 116,5 mm 1992. gadā līdz pat 327,2 mm 1998. gadā. Vasaras sezonas lietusgāzes ik gadu Latvijā nodara lokālus postījumus, appludinot apdzīvotas vietas, izskalojot ceļus, kā arī nodarot postījumus infrastruktūrai.

Atbilstoši iepriekš aprakstītajai atmosfēras nokrišņu sezonālībai, arī mēnešu griezumā novērojams mazāks nokrišņu daudzums laika periodā no decembra līdz maijam, savukart lielāks – no jūnijas līdz novembrim (3.101. attēls). Gada laikā vislielākās atmosfēras nokrišņu daudzuma svārstības novērojamas vasaras un rudens mēnešos, savukārt vismazākās – laika periodā no februāra līdz aprīlim, kad nokrišņu daudzums ir stabili neliels. Apskatītajā periodā vislielākais reģistrētais mēneša kopējais nokrišņu daudzums konstatēts 2000. gada jūlijā, kad tas vidēji Latvijā sasniedzis 148,5 mm. Savukārt vissausākais mēnesis bijis 1974. gada aprīlis ar vidējo nokrišņu daudzumu valstī vien 3,7 mm, kā arī teritoriāli maksimālajam nokrišņu daudzumam saniedzot vien 13,2 mm Rīgā.



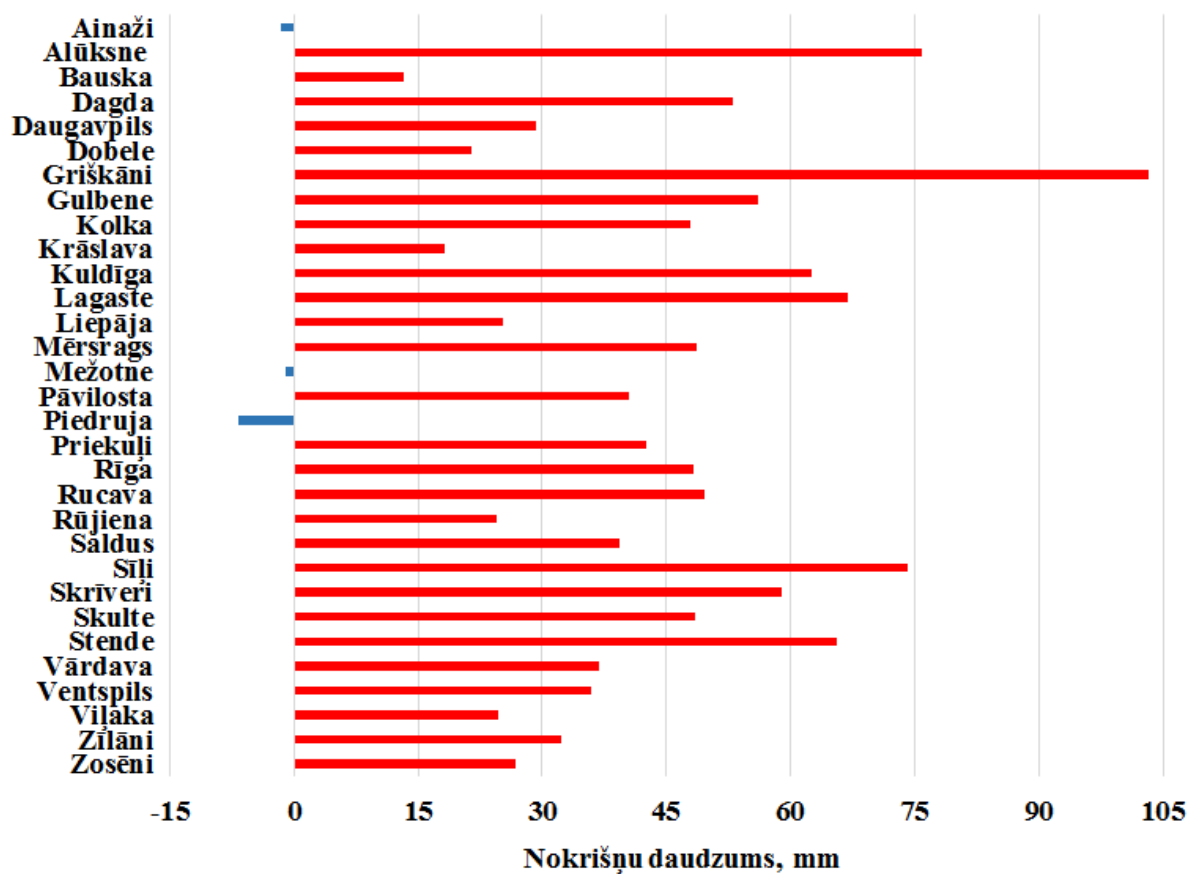
3.101.attēls. Mēnešu kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Sezonu un mēnešu vidējais nokrišņu daudzums, to izmaiņas attiecībā pret references periodu un ilggadīgo izmaiņu tendences (Manna-Kendala testa vērtības) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

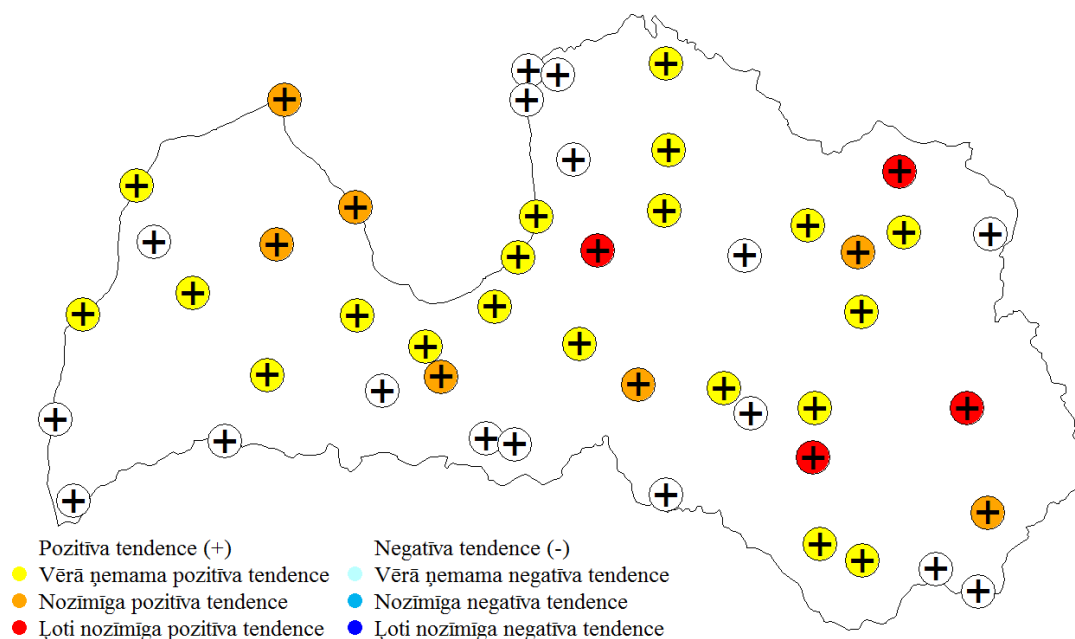
Laika periods	Vidējais nokrišņu daudzums	Manna-Kendala testa vērtība	Nokrišņu daudzuma izmaiņas starp 1961.-1990. g. un 1981.-2010. g periodiem
<b>Mēnesis</b>			
Janvāris	43,7 mm	2,45	12,4 mm
Februāris	33,5 mm	2,70	9,3 mm
Marts	35,7 mm	1,11	5,7 mm
Aprīlis	37,8 mm	-0,39	-3,4 mm
Maijs	48,3 mm	0,14	3,9 mm
Jūnijs	64,7 mm	2,20	13,3 mm
Jūlijs	74,7 mm	0,26	-4,5 mm
Augusts	75,7 mm	0,40	-1,4 mm
Septembris	66,6 mm	-1,47	-7,1 mm
Oktobris	67,2 mm	2,24	9,8 mm
Novembris	62,4 mm	0,08	-3,8 mm
Decembris	52,7 mm	-0,17	0,8 mm
<b>Sezona</b>			
Ziema	130,2 mm	3,2	21,9 mm
Pavasaris	121,7 mm	0,2	5,9 mm
Vasara	215,2 mm	1,0	7,2 mm
Rudens	196,0 mm	0,3	-1,0 mm
	Vērā ņemama pozitīva tendence		
	Būtiska pozitīva tendence		
	Ļoti būtiska pozitīva tendence		

Ilggadīgajā laika periodā Latvijā novērotas būtiskas atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņas, kas galvenokārt skārušas ziemas sezonu (3.3. tabula). Datu rindu statistiskā analīze liecina, ka pēdējo 50 gadu laikā statistiski vērā ņemami palielinājies nokrišņu daudzums janvāra, jūnija un oktobra mēnešos, savukārt nokrišņu daudzuma izmaiņas februāra mēnesī, kā arī ziemas sezonā kopumā bijušas statistiski būtiskas. Tomēr līdzšinējo pētījumu rezultāti liecina, ka, analizējot garākas datu rindas, laika periodā no 1922. līdz 2003. gadam būtiskākās izmaiņas atmosfēras nokrišņu daudzumā var tikt attiecinātas uz janvāra un marta mēnešiem (Briede and Lizuma, 2007). Salīdzinot ar references perioda vidējo nokrišņu daudzumu, mūsdienās 7 mēnešos nokrišņu daudzums Latvijā ir par 0,8 līdz 13,3 mm palielinājies, un vislielākais nokrišņu daudzuma pieaugums konstatēts jūnija mēnesī, savukārt 5 mēnešos nokrišņu daudzums ir par 1,4 līdz 7,1 mm samazinājies. Skatot šīs izmaiņas sezonu griezumā, vienīgā sezona, kurā nokrišņu daudzums ir nedaudz samazinājies, ir rudens, savukārt pārējās

sezonās nokrišņu daudzums ir palielinājies, ziemas sezonā sasniedzot pieaugumu par vidēji 21,9 mm.



3.102.attēls. Gada kopējā atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



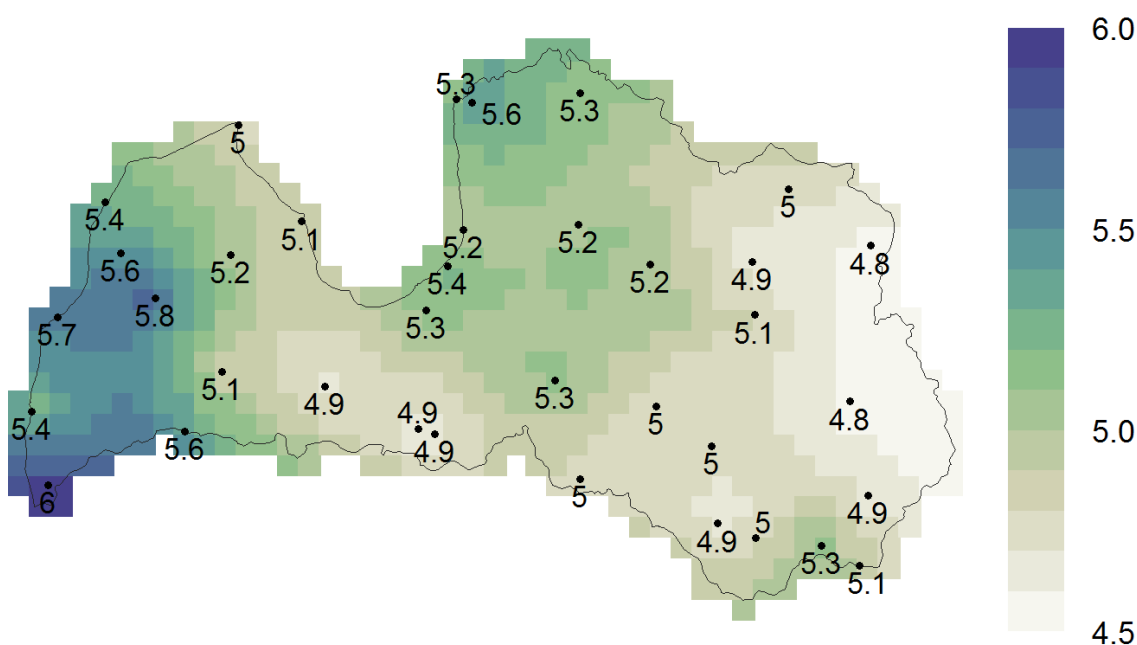
**3.103.attēls. Gada kopējā nokrišņu daudzuma ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam**

Kopējais nokrišņu daudzums gada laikā Latvijas teritorijā mūsdienās arī pārsvarā ir lielāks nekā references periodā (3.102. attēls), atsevišķās meteoroloģisko novērojumu stacijās sasniedzot pat 60-102 mm pieaugumu. Turklāt lielākajā valsts teritorijas daļā gada kopējā nokrišņu daudzuma pieaugums bijis statistiski vērā ņemams līdz ļoti būtisks (3.103. attēls). Jāmin, ka ilggadīgo izmaiņu tendenču analīzes rezultāti ir cieši saistīti ar analīzei izvēlēto laika periodu, kas atmosfēras nokrišņu kontekstā skar arī to ciklisko atkārtotības raksturu. Tā līdzšinējo pētījumu rezultātā, piemēram, laika periodā no 1948. līdz 2005. gadam, kaut arī nokrišņu daudzuma palielināšanās tendence ir bijusi saskatāma lielākajā daļā Latvijas, statistiski būtiska tā ir bijusi vien dažviet (Kļaviņš et al., 2008). Baltijas jūras reģionā veikti pētījumi liecina, ka Baltijas jūras sateces baseinā nokrišņu daudzums palielinājies par 8,24 mm/dekādē, turklāt vislielākie nokrišņu daudzuma mainības apmēri Eiropā – līdz pat 20,62% no 1961.-1990. gada dekādes vidējā – konstatēti tieši Baltijas valstīs (Bhend and Storch, 2007). Pēc dažādu reģionālu klimatisko modeļu aprēķiniem nokrišņu daudzums Baltijas jūras reģiona sauszemes notecē ik gadu palielinās par 5-15%, turklāt lielākais nokrišņu daudzuma pieaugums vērojams katru mēnesi starp oktobri un maiju ar lielāko pieaugumu ziemas mēnešos. Nokrišņu daudzuma izmaiņas vasaras mēnešos ir komplicētākas: ar nokrišņu daudzuma pieaugumu Baltijas jūras reģiona ziemeļos un samazināšanos dienvidos (Kjellström and Ruosteenoja, 2007).



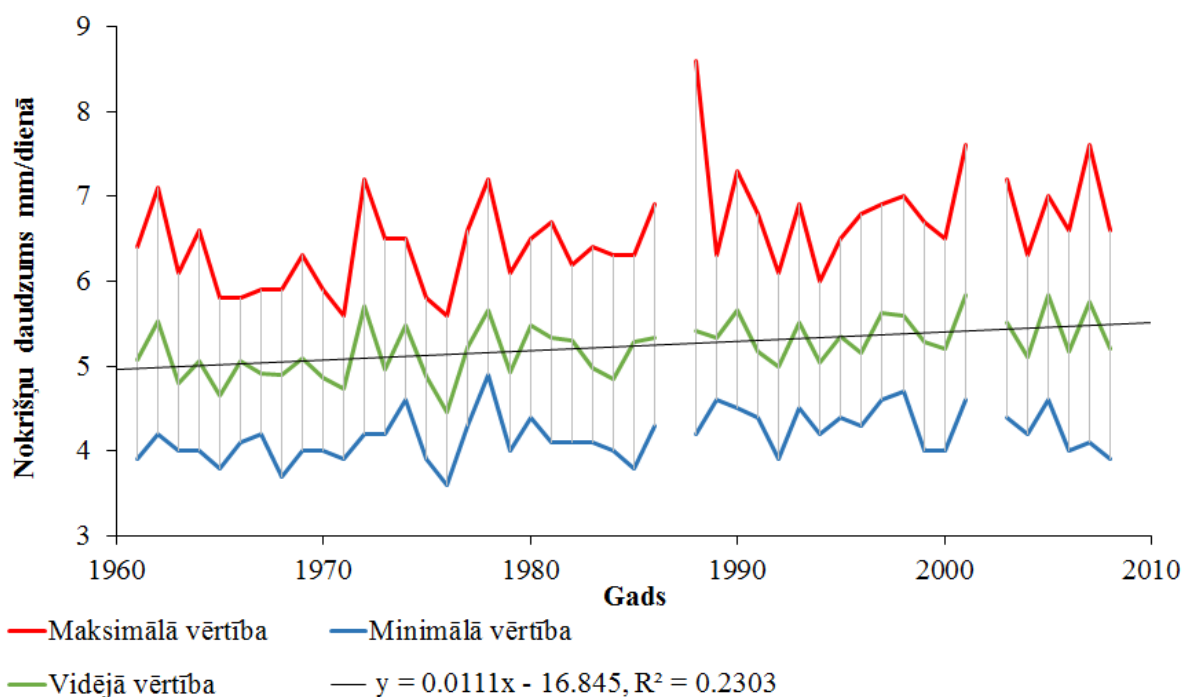
### Atmosfēras nokrišņu intensitāte

Šī pētījuma ietvaros atmosfēras nokrišņu intensitātes raksturošanai izmantots vienkāršotais ikdienas intensitātes indekss, kas raksturo vidējo nokrišņu intensitāti gada laikā dienās ar nokrišņu daudzumu  $\geq 1$  mm. Atmosfēras nokrišņu intensitāte Latvijā vidēji ir no 4,8-5 mm/dienā valsts dienvidaustrumu daļā un Zemgales līdzenumā līdz 5,2-6 mm Vidzemes un Kurzemes rietumu daļā (3.104. attēls). Teritoriāli visaugstākā atmosfēras nokrišņu intensitāte novērojama Kurzemes rietumos, kur to ietekmē gan teritoriju no rietumiem sasniegušās atmosfēras nokrišņu zonas, gan arī vasaras sezonai raksturīgā konvektīvo mākoņu joslu pārvietošanās DR-ZA virzienā no Centrāleiropas.



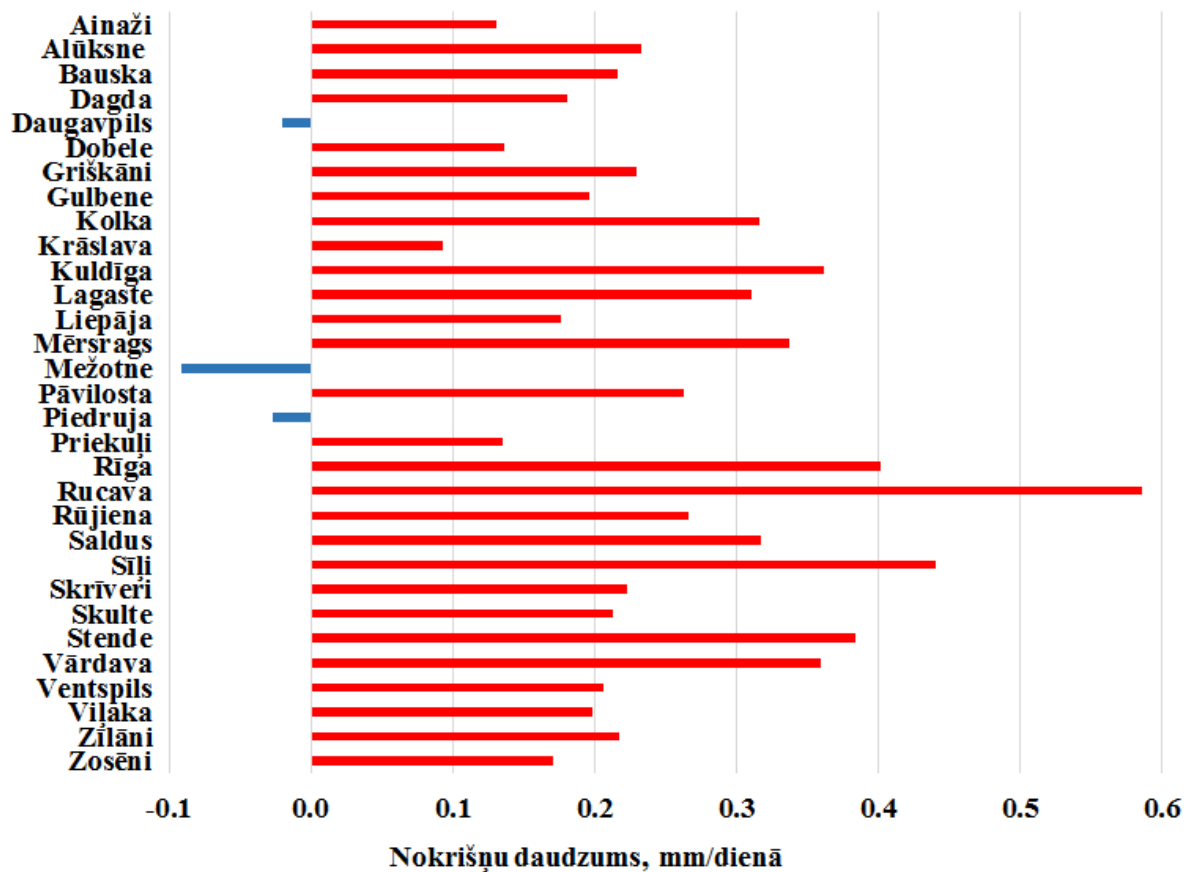
3.104.attēls. Ilggadīgā gada vidējā atmosfēras nokrišņu intensitāte (mm/dienā) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam.

Gadu no gada vidēji Latvijā nav novērojamas būtiskas nokrišņu intensitātes svārstības (3.105. attēls) – tās pārsvarā tikai nedaudz variē ap 5 mm. Tomēr atsevišķos gados lokāli nokrišņu intensitāte var ievērojami pārsniegt valsts vidējās vērtības – piemēram, Kuldīgā 1988. gadā sasniedzot vidēji 8,6 mm/dienā.

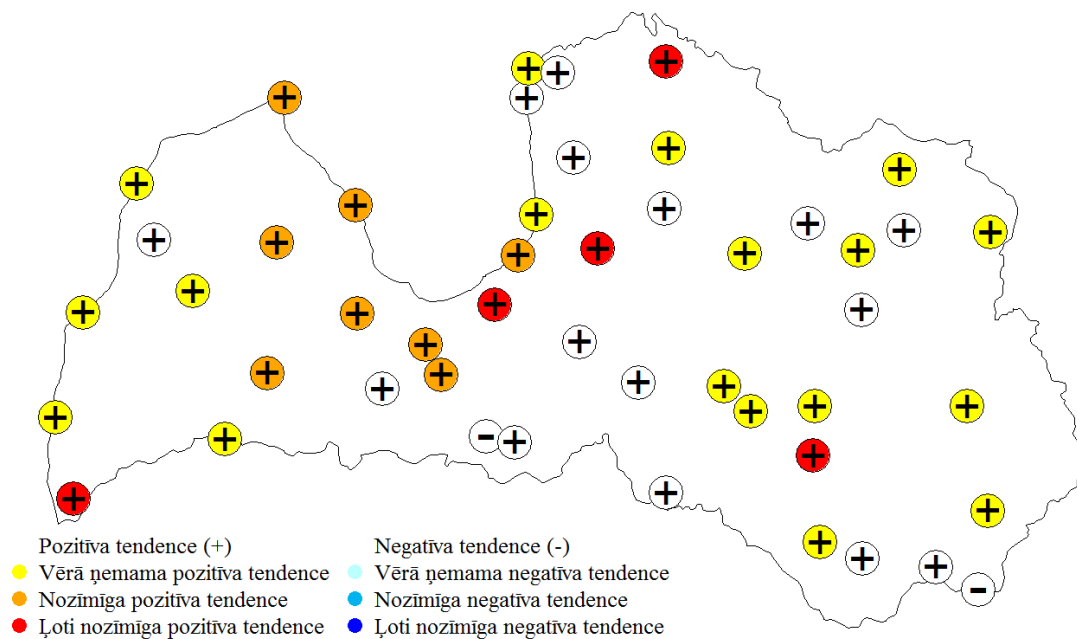


**3.105.attēls. Gada vidējās atmosfēras nokrišņu intensitātes izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam**

Salīdzinot ar references periodu, mūsdienās atmosfēras nokrišņu intensitāte Latvijā ir pārsvarā nedaudz palielinājusies, šīm izmaiņām sasniedzot 0,1 līdz 0,6 mm apmērus (3.106. attēls). Šīs nokrišņu intensitātes palielināšanās tendences pārsvarā valstī ir bijušas statistiski vērā ņemamas līdz ļoti būtiskas, visnozīmīgākās izmaiņas raksturojot Rucavas, Rīga, Rūjienas, Siguldas un Sīļu novērojumu stacijās (3.107. attēls). Jāpiemin, ka Rīgā iepriekš saistībā ar gaisa temperatūras raksturojumu pieminētais pilsētas siltumsalas efekts ietekmē arī atmosfēras nokrišņu sadalījumu: pilsētas mikroklimats nosaka to, ka gan mākoņu daudzums, gan arī dienu skaits ar nokrišņiem ir augstāks nekā piepilsētās un Rīgas apkaimē. Pilsētas platības palielināšanās pēdējo piecdesmit gadu laikā un pilsētas mikroklimata attīstība nosaka arī to, ka nokrišņu daudzuma izmaiņu raksturs Rīgā ir atšķirīgs no citām Latvijas pilsētām (Kļaviņš et al., 2008).



3.106.attēls. Atmosfēras nokrišņu intensitātes izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

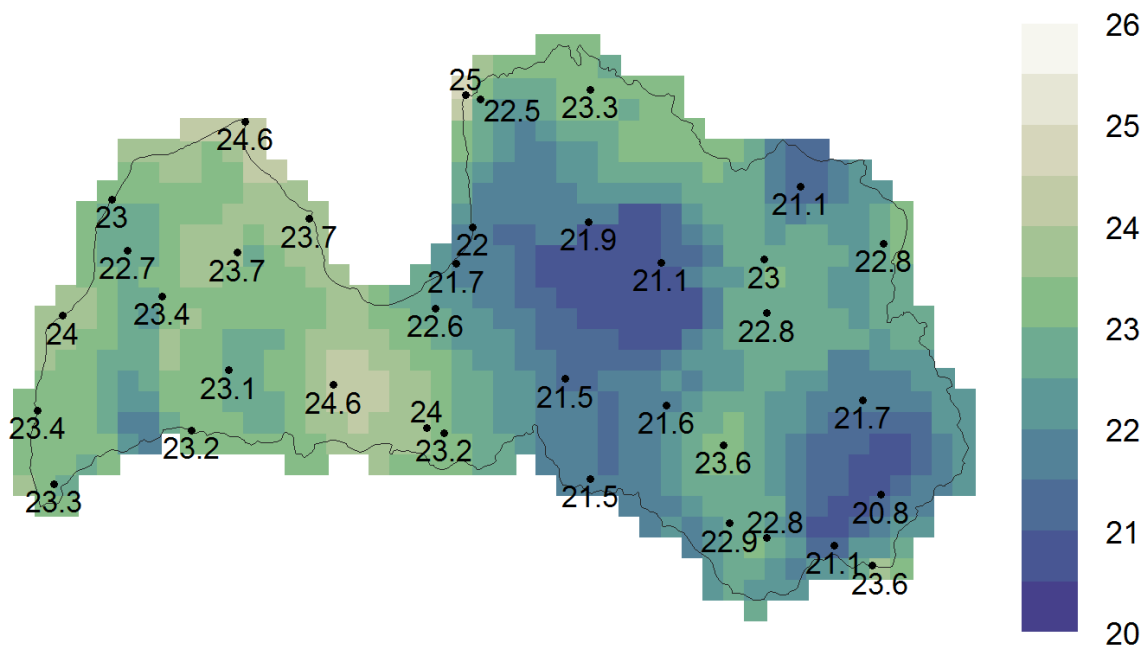


3.107.attēls. Atmosfēras nokrišņu intensitātes ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

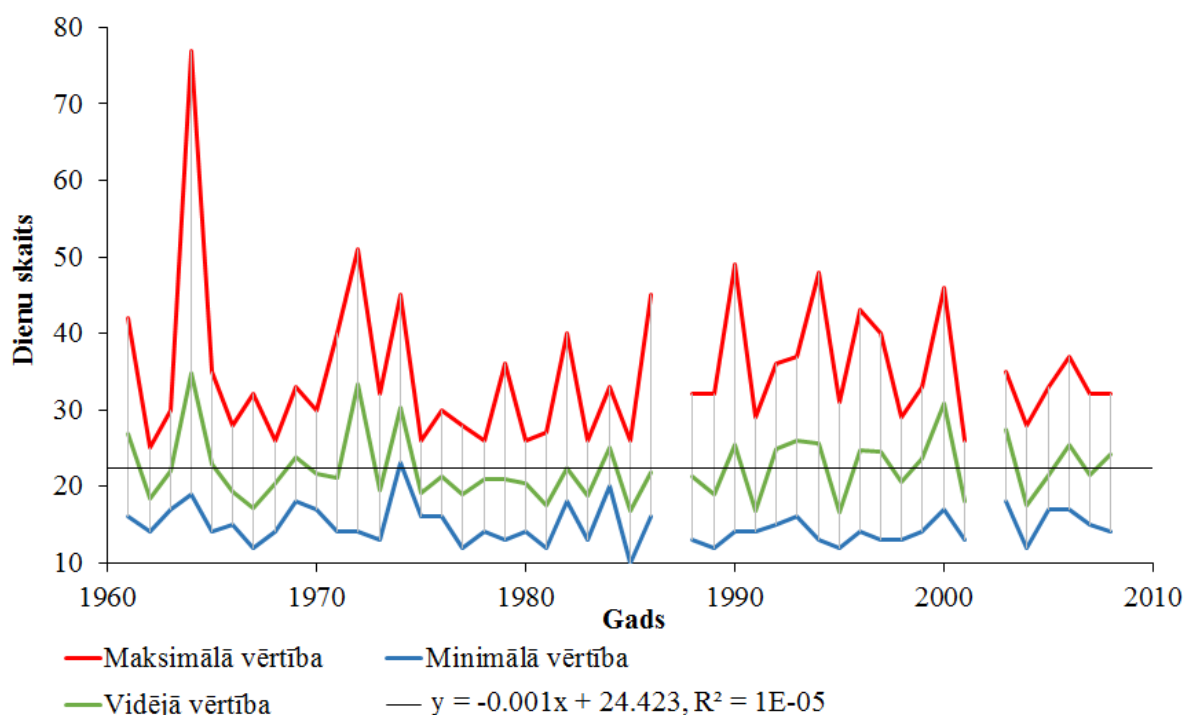
### Nepārtrauktu sausuma periodu ilgums

Atmosfēras nokrišņi ir parādība, kas nav novērojama nepārtraukti, bet gan skar teritoriju periodiski, iezīmējot gan nepārtraukti mitrus, gan arī sausus periodus. Lai gan atmosfēras nokrišņu radītie riski pārsvarā tiek saistīti ar palielinātu nokrišņu daudzumu, arī ilgstošs sausums atkarībā no sezonas var negatīvi ietekmēt dažādas tautsaimniecības nozares. Piemēram, ilgstoša sausuma periodi ziemas laikā tipiski ir saistīti ar anticiklonāliem apstākļiem, kad dominē arī stabils sals – gadījumos, kad zemes virsmu vēl neklāj pietiekami bieza sniega sega, šādos kailsala apstākļos var tikt nodarīti ievērojami postījumi lauksaimniecības un dārzkopības kultūrām. Tomēr vispostošākā ir ilgstoša sausuma ietekme pavasara un vasaras sezonās, kad tas ne tikai rada nelabvēlīgus apstākļus lauksaimniecībā un dārzkopībā, bet arī palielina mežu ugunsgrēku risku, tādējādi apdraudot arī savvaļas ekosistēmas, cilvēku īpašumus un pat dzīvības. Pasaulē ilgstošs sausums cilvēkus ietekmē skaitliski vairāk nekā jebkura cita dabas stihija, un tā negatīvā ietekme ir skaidrojama ar to, ka sausums parasti raksturojams ar plašu izplatības areālu un ilgu pastāvēšanas laiku. Pēdējā dekādē (2001.-2010. gads) ilgstošs sausums ticis novērots visos pasaules reģionos. Viens no visspēcīgāk ietekmētajiem reģioniem ir Austrālija, kur sevišķi izteikts sausums novērots 2002. gadā. Spēcīgs sausums pēdējās dekādes laikā bijis arī Āfrikas austrumos 2004. un 2005. gadā un Dienvidamerikā – Amazones baseina reģionā 2010. gadā (WMO, 2013). Arī Latvijā pēc plūdiem 2014. gada oktobrī 2015. gada oktobris atnesa ilgstošu sausumu: šajā mēnesī nokrišņu daudzums vidēji Latvijā bija tikai 8,7 mm, tādējādi 2015. gada oktobris bijis sausākais oktobra mēnesis Latvijas meteoroloģisko novērojumu vēsturē (LVGMC, 2015).

Ilggadīgo novērojumu datu rindu analīze liecina, ka maksimālais nepārtraukta sausuma periodu ilgums Latvijā sasniedz 21-25 dienas (3.108. attēls). Nepārtraukta sausuma periodi ir nedaudz īsāki valsts austrumu daļā, kur nokrišņi, īpaši vasaras sezonā, ir novērojami biežāk nekā valsts rietumu daļā. Būtiski pieminēt, ka Zemgales līdzenumā, kur koncentrētas lielas lauksaimniecības zemju platības, nepārtraukta sausuma periodi ir ilgāki nekā citviet valsts teritorijā. Lai gan vidēji Latvijā nepārtraukta sausuma periodu ilgums gadu no gada svārstās 20-30 dienu robežās, atsevišķos gados dažviet valstī novēroti pat ļoti ilgstoši sausuma periodi (3.109. attēls). Piemēram, 1964. gadā Stendē nepārtraukta sausuma periods ildzis vairāk nekā divus mēnešus – 77 dienas. Arī 1972. gadā Praviņos nepārtraukta sausuma perioda ilgums pārsniedzis 50 dienas. Tomēr pēdējās dekādes laikā novērotās atmosfēras nokrišņu daudzuma palielināšanās ietekmē nepārtraukta sausuma periodu ilgums ir ievērojami samazinājies, nevienā meteoroloģisko novērojumu stacijā nepārsniedzot 26-37 dienas.



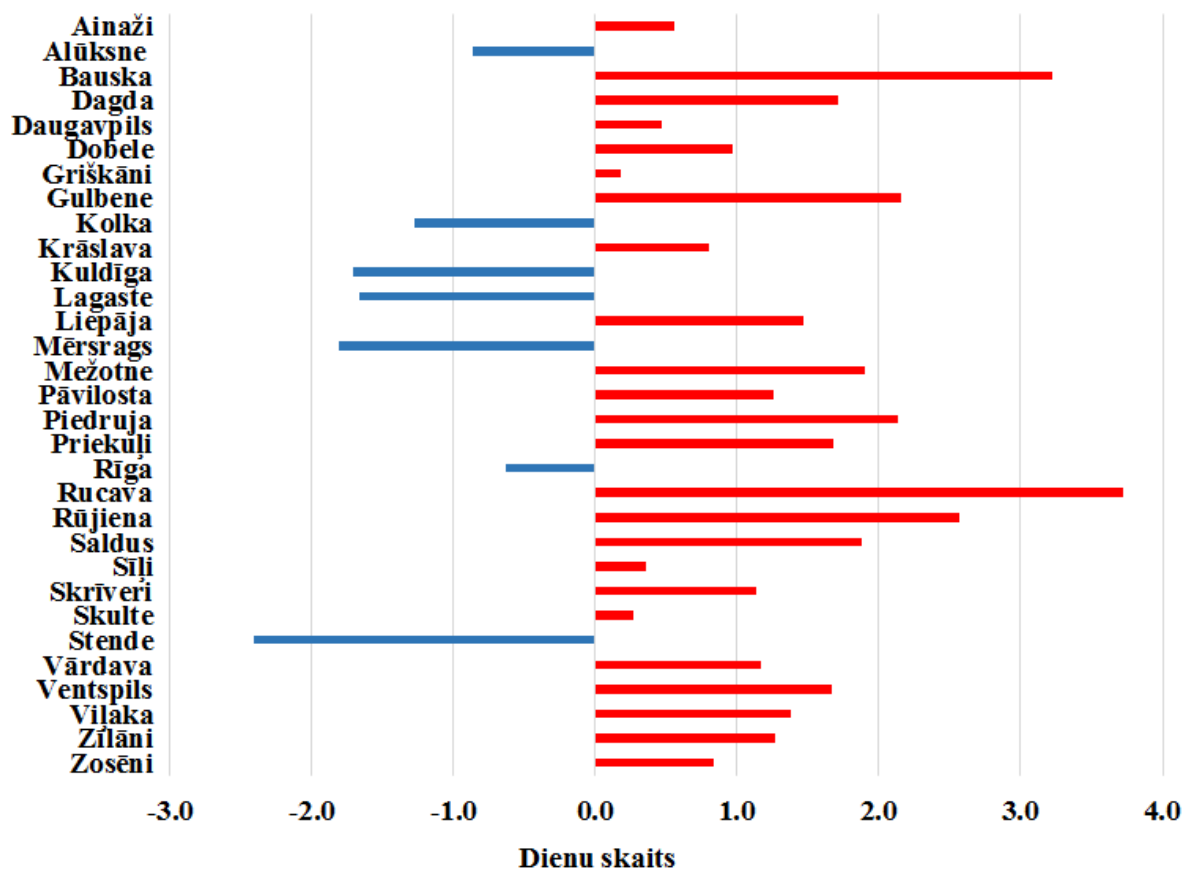
3.108.attēls. Ilggadīgais vidējais nepārtraukta sausuma periodu ilgums gada laikā Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



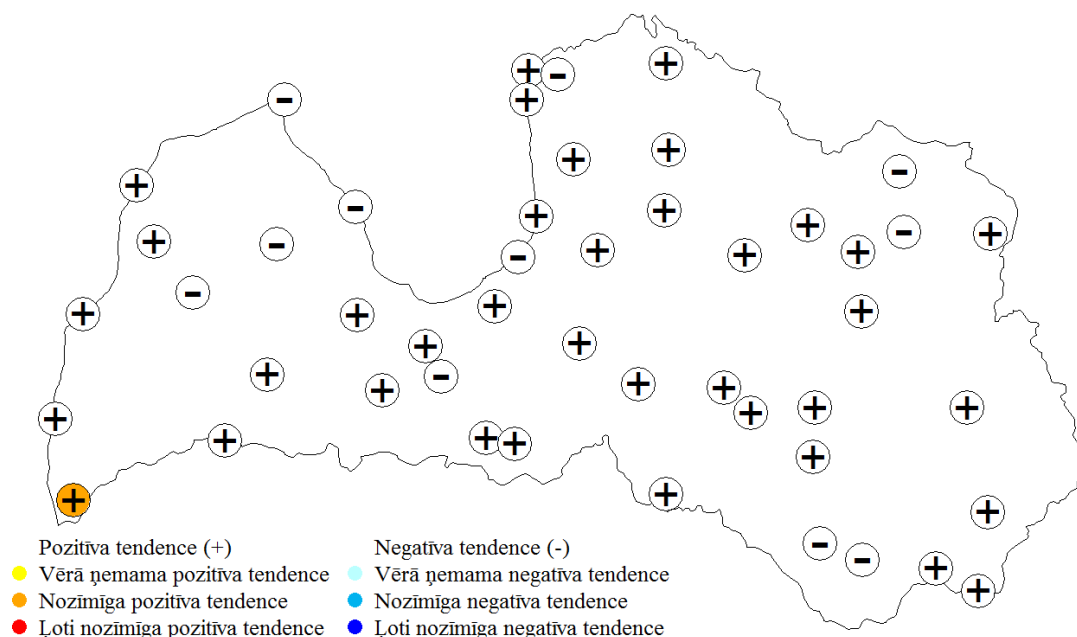
3.109.attēls. Gada maksimālā nepārtraukta sausuma periodu ilguma izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Sausuma periodu ilgums mūsdienās, salīdzinot ar klimatiskās references perioda vērtībām, Latvijas teritorijā nav mainījies viennozīmīgi (3.110. attēls). Lielākajā teritorijas daļā mūsdienās sausuma periodi ir nedaudz ilgāki, tomēr daļā novērojumu staciju konstatēta arī

sausuma periodu ilguma samazināšanās. Tikai vienā meteoroloģisko novērojumu stacijā – Rucavā – konstatēta būtiska sausuma periodu ilguma palielināšanās (3.111. attēls).



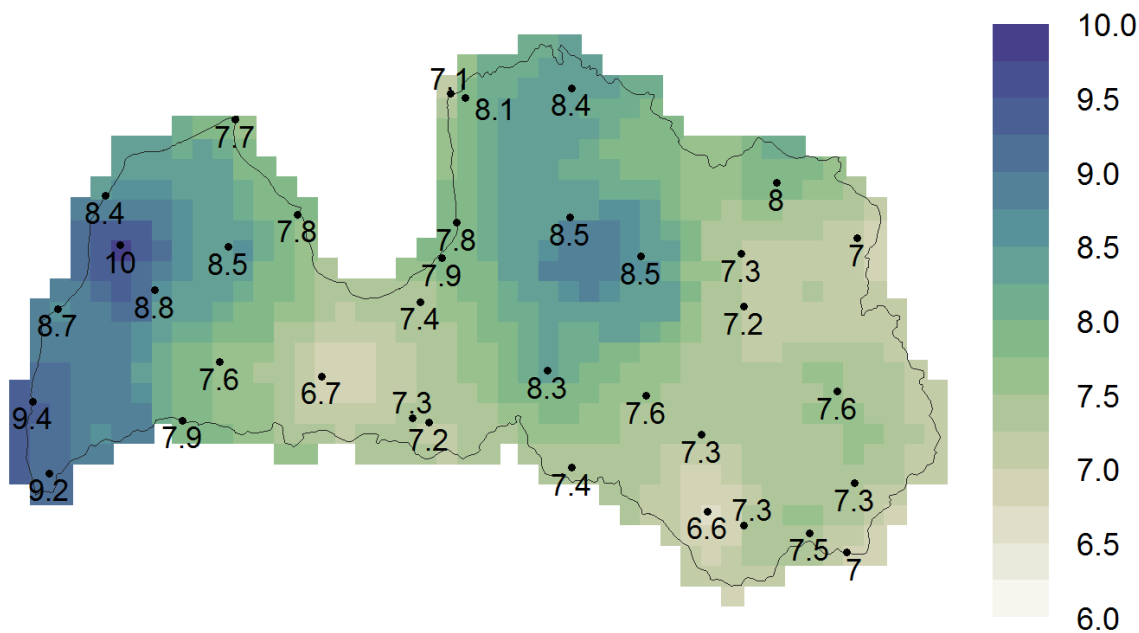
3.110.attēls. Nepārtraukta sausuma periodu ilguma izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



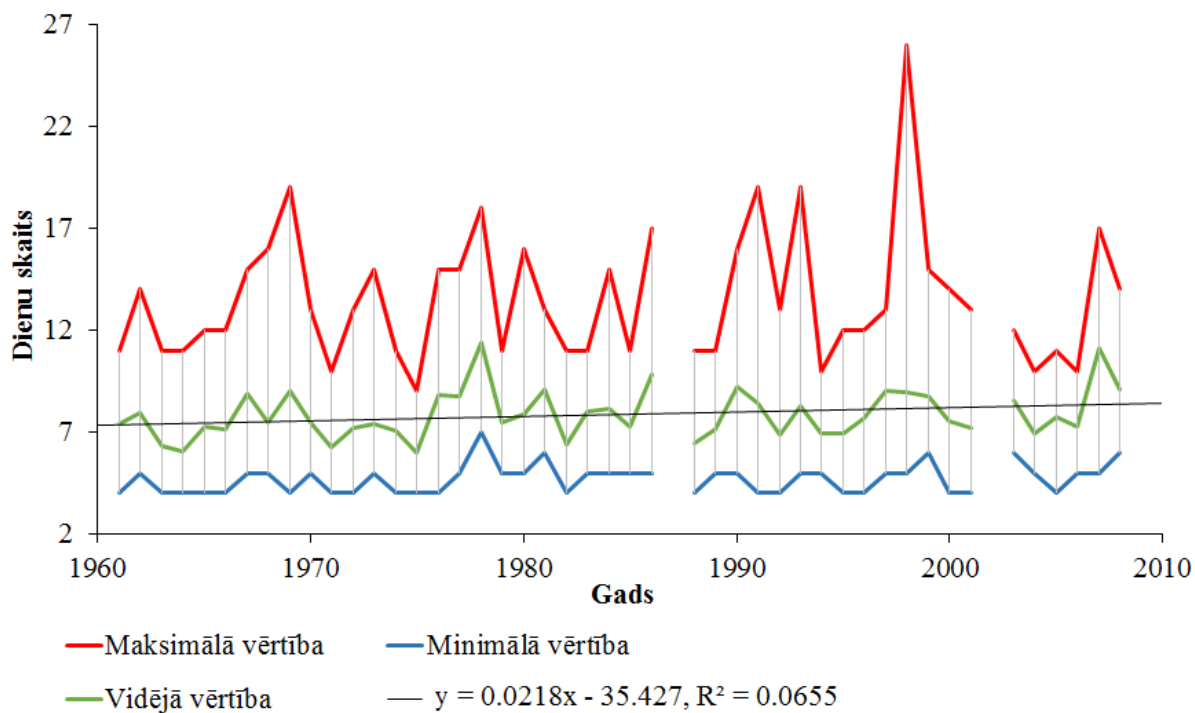
3.111.attēls. Nepārtraukta sausuma periodu ilguma ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### Nepārtrauktu nokrišņu periodu ilgums

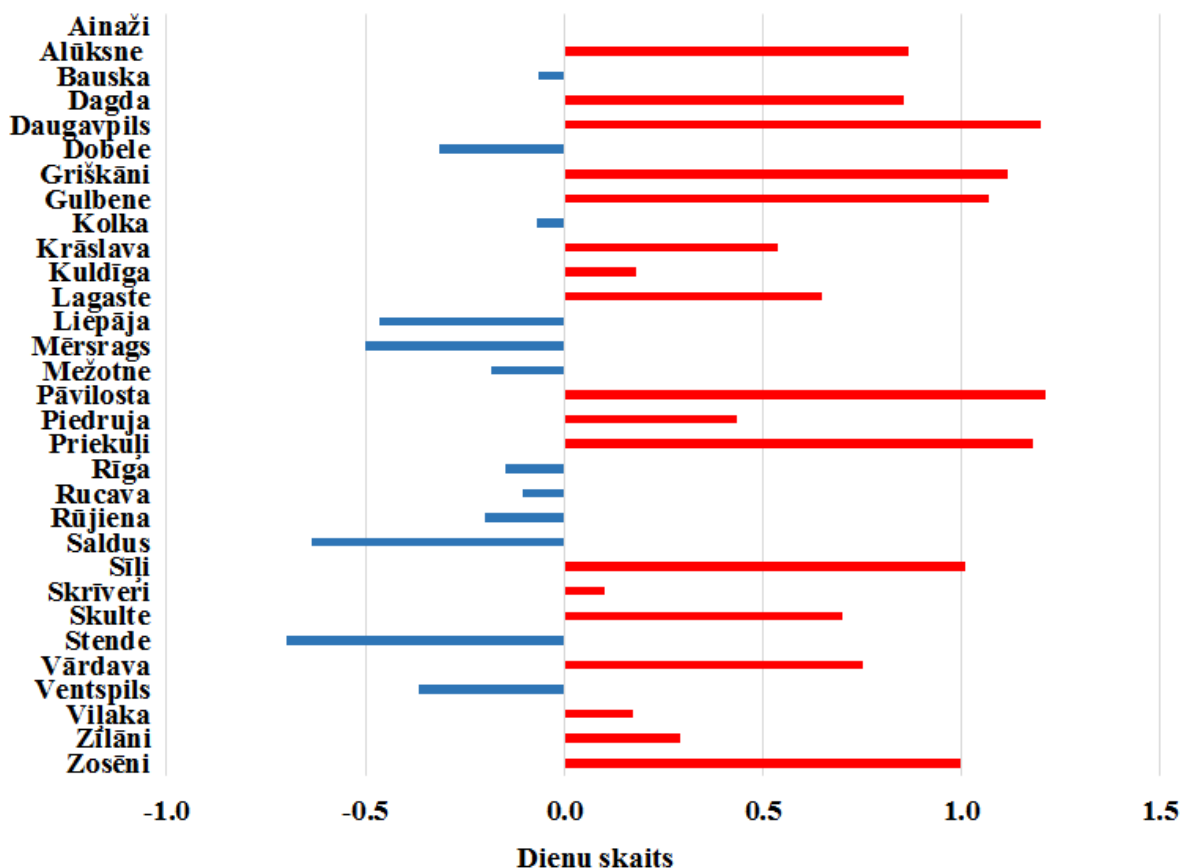
Pretstatus nepārtraukta sausuma periodiem, nepārtrauktu nokrišņu periodu ilgums iezīmē periodus ar paaugstinātu nokrišņu daudzumu un ar to saistītām ietekmēm. Nepārtrauktu nokrišņu periodu ilguma teritoriālā izplatība ir cieši saistīta ar atmosfēras nokrišņu kopējā daudzuma teritoriālās izplatības iezīmēm, un apskatītajā periodā iezīmē lokālus maksimumus Kurzemes un Vidzemes rietumu daļā, sasniedzot vidēji 8-10 dienas (3.112. attēls). Savukārt citviet valstī nepārtrauktu nokrišņu periodu ilgums nepārsniedz 6,6-8 dienas. Ilggadīgajā laika periodā vidēji Latvijā nepārtrauktu nokrišņu periodu ilgums ir svārstījies 6-11 dienu robežās (3.113. attēls), atsevišķos gados iezīmējot lokālus maksimumus. Līdz šim lielākais nepārtrauktu nokrišņu periodu ilgums vidēji Latvijā novērots 1978. gadā, kad tas sasniedzis 11,4 dienas, kā arī 2007. gadā, sasniedzot 11,1 dienas. Absolūti ilgākais nepārtrauktu nokrišņu periods apskatītajā periodā konstatēts 1998. gadā Venzavā, kad tur nokrišņi novēroti 26 dienas pēc kārtas. Savukārt minimālās nepārtrauktu nokrišņu periodu ilguma vērtības šajā 50 gadu periodā valstī ne reizi nav bijušas zemākas par 4-7 dienām.



3.112.attēls. Ilggadīgais vidējais nepārtrauktu nokrišņu periodu ilgums gada laikā Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



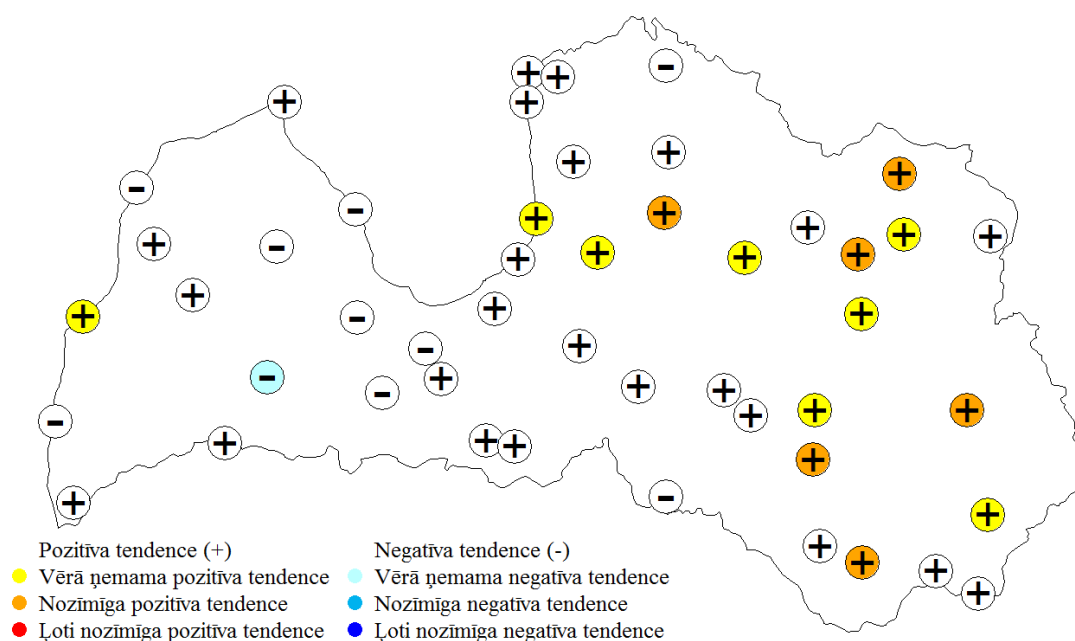
3.113.attēls. Gada maksimālā nepārtrauktu nokrišņu periodu ilguma izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



3.114.attēls. Nepārtrauktu nokrišņu periodu ilguma izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās referenču periodu (1961.-1990. g.)



Nepārtrauktu nokrišņu periodu ilgums, salīdzinot ar klimatiskās references perioda vērtībām, apskatītajā periodā mainījies ir salīdzinoši maz, izmaiņām pārsvarā nepārsniedzot 1 dienu (3.114. attēls). Tomēr, atšķirībā no nepārtraukta sausuma periodu ilguma, ilgstoši mitru periodu ilgums galvenokārt valsts austrumu daļā ir statistiski vērā ņemami līdz būtiski palielinājies (3.115. attēls). Ilggadīgajās datu rindās konstatētas arī vieglas negatīvas tendences Kurzemes austrumu daļā, kur Saldū tās bijušas pat statistiski vērā ņemamas.



3.115.attēls. Nepārtrauktu nokrišņu periodu ilguma ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### 3.2.2. Ekstremālo atmosfēras nokrišņu rādītāju izmaiņas Latvijā

Līdz ar novērotajām gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu vidējo rādītāju izmaiņām klimata pārmaiņas ir skārušas arī ekstremālu atmosfēras nokrišņu intensitāti un atkārtojamību. Stipru nokrišņu atkārtojamības tendences gan Amerikas Savienotajās Valstīs, gan citviet pasaulē liecina, ka 20. gadsimtā pieaudzis dienu skaits ar stipriem atmosfēras nokrišņiem. Lielākajā daļā valstu, kur novērota ievērojama mēneša vai sezonālā nokrišņu daudzuma palielināšanās vai samazināšanās, vienlaikus konstatējamas arī izmaiņas nokrišņu daudzumā, kas izkrīt stipru un ļoti stipru nokrišņu gadījumā (Easterling et al., 2000). Turklāt nokrišņu izmaiņu tendences pakļautas reģionālām variācijām. Ja pieaug vidējais nokrišņu daudzums, ekstremālu nokrišņu gadījumu skaita pieaugums kļūst ievērojami straujāks (Alexander et al., 2007). Pētījumi liecina, ka pasaulē palielinās gan ekstremālu nokrišņu atkārtotāšanās biežums,

gan nokrišņu intensitāte, tomēr šo izmaiņu raksturs dažādos pasaules reģionos un gada sezonās ir atšķirīgs. Pārliecinošākās liecības par stipru nokrišņu intensitātes un biežuma palielināšanos ir raksturīgas Ziemeļamerikai, Centrālamerikai un Eiropai, bet tajā pašā laikā citos reģionos (Austrālijas dienvidu daļā, Āzijas rietumos) ir raksturīga arī nokrišņu daudzuma samazināšanās (IPCC, 2014).

Eiropā pozitīva ekstremālu atmosfēras nokrišņu pieauguma tendence vērojama galvenokārt meteoroloģisko novērojumu stacijās, kur palielinās arī gada nokrišņu daudzums, bet negatīva – stacijās, kas atrodas apgabalos, kur vērojama pasausināšanās. Mēreni mitro, ļoti mitro dienu skaita, kā arī citu ekstremālu atmosfēras nokrišņu indeksu vērtību telpiskā saskaņotība ir daudz mazāka nekā ekstremālo gaisa temperatūru vērtību saskaņotība. Novērojumu stacijās, kas izkaisītas pa visu Eiropu, pozitīvas un negatīvas tendences vērojamas pat ļoti nelielos attālumos viena no otras, kas skaidrojams ar parasti lielo lokālo stipru nokrišņu gradientu (Klein Tank, 2004). Skaitlisko klimata modeļu aprēķinu rezultāti liecina, ka arī nākotnē atmosfēras nokrišņiem būs raksturīgs izteikti nevienmērīgs teritoriālais sadalījums, turklāt ziemeļu puslodē klimata pārmaiņas atnesīs vēl mitrākas ziemas, kamēr vasaras kļūs sausākas (Ahrens and Samson, 2011).

Pētniecisko interesi par ekstremāliem nokrišņiem var lielākoties saistīt ar to tiešo ietekmi uz hidroloģisko režīmu un plūdu intensitātes un atkārtotības biežuma izmaiņām, kā arī postošo ietekmi uz infrastruktūrām un apdzīvotām teritorijām (Hanel and Buishand, 2010). Atsaucoties uz Pasaules Meteoroloģijas organizācijas datiem, plūdi ir izplatītākā ekstremālā parādība pasaulē pēdējās dekādes laikā, kas turklāt bieži bijusi saistīta arī ar lieliem postījumiem. Plūdus var radīt dažādi apstākļi, tomēr viens no izplatītākajiem iemesliem ir ekstremāli liels nokrišņu daudzums kādā noteiktā teritorijā īsā laika periodā. 2001. un 2005. gadā plūdi skāra Austrumeiropas reģionu, 2005. gadā postoši plūdi bijuši Indijā, 2008. gadā Āfrikā un 2010. gadā daudzviet Āzijas kontinentā (īpaši Pakistānā, kur bojā gāja 2000 cilvēku un tiešas plūdu sekas pārcieta vēl aptuveni 20 miljoni iedzīvotāju), kā arī 2010. gadā Austrālijā. Tāpat no citām valstīm šajā laikā tika saņemta informācija par plūdu izraisītiem nogruvumiem (WMO, 2013).

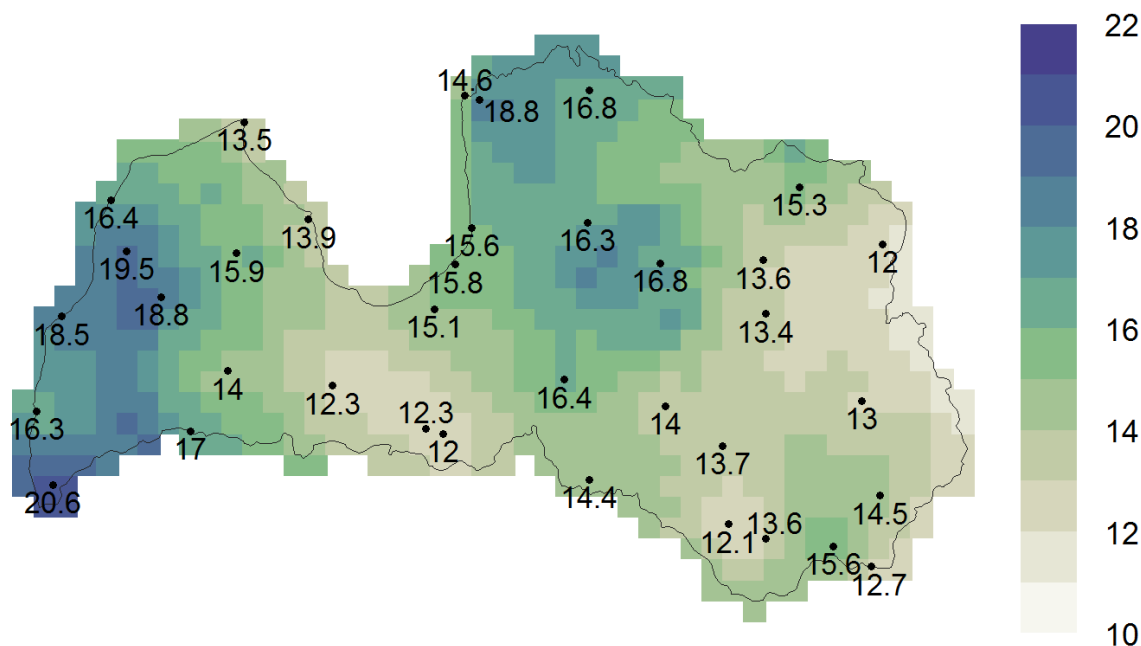
Arī Latvijā nesenā pagātnē novēroti gadījumi, kad spēcīgas lietavas izraisījušas lokālus plūdus. Piemēram, 2014. gada 29. jūlijā spēcīga pērkona negaisa laikā Siguldā diennakts laikā nolija 123 mm nokrišņu, kas ir sestais lielākais jebkad Latvijā reģistrētais nokrišņu daudzums vienas diennakts laikā (Šmite, 2014). Savukārt 2014. gada oktobra otrajā dekādē Zemgali un Vidzemi skāra ilgstošas lietavas, kuru ietekmē šo reģionu mazajās upēs ievērojami paaugstinājās ūdens līmenis, kas, līdz ar noteces sistēmu apsaimniekošanas nepilnībām, vietām radīja bīstamus apstākļus. Upēm izejot no krastiem, tika appludināti atsevišķi dzīvojamie rajoni,

kā arī tika nodarīti postījumi infrastruktūrai: Suntažos tika noskalots dzirnavu dambis, kā arī dažviet paaugstinātā augsnes mitruma dēļ veidojās zemes noslīdeņi, kas bloķēja satiksmi (LVGMC, 2014). Līdzšinējo pētījumu rezultāti liecina, ka Latvijā ilggadīgajā laika periodā dienu skaits ar stipriem nokrišņiem ir palielinājies, tomēr šīm izmaiņām ir raksturīga izteikti nevienmērīga telpiskā izplatība (Avotniece et al., 2010).

Šī pētījuma ietvaros ekstremālu atmosfēras nokrišņu raksturošanai tika izmantoti klimata indeksi, kas raksturo gan stipru atmosfēras nokrišņu biežumu, gan arī intensitāti, tādējādi ļaujot pilnvērtīgi novērtēt līdzšinējās izmaiņas stipru nokrišņu izplatībā Latvijas teritorijā. Tā kā atmosfēras nokrišņi – īpaši augstas intensitātes – ir atmosfēras parādība ar izteikti lokālām iezīmēm, būtisku devumu to ekstremālo vērtību analīzē sniedz telpiski interpolētie novērojumu dati, kas ļauj novērtēt un identificēt lokālam riskam pakļautas teritorijas Latvijā.

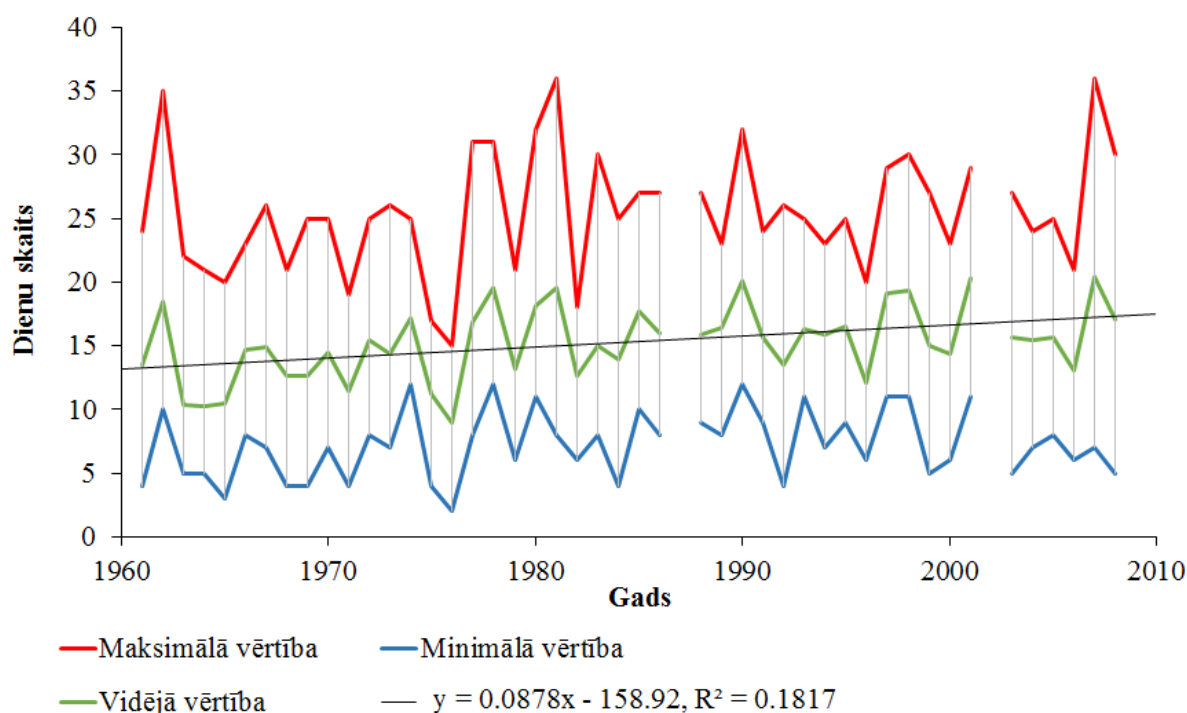
### **Dienu skaits ar stipriem atmosfēras nokrišņiem**

Šī pētījuma ietvaros stipru atmosfēras nokrišņu atkārtotās biežuma izmaiņu identifikācijai kā parametrs izmantots to dienu skaits gadā, kad atmosfēras nokrišņu daudzums diennakts laikā ir bijis lielāks vai vienāds ar 10 mm. Vidēji Latvijā ir 12 līdz 20,6 šādas dienas (3.116. attēls), un to izplatības maksimums ir cieši saistīts ar kopējā nokrišņu daudzuma teritoriālo izplatību.



3.116.attēls. Ilggadīgais vidējais dienu skaits gadā ar stipriem nokrišņiem Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

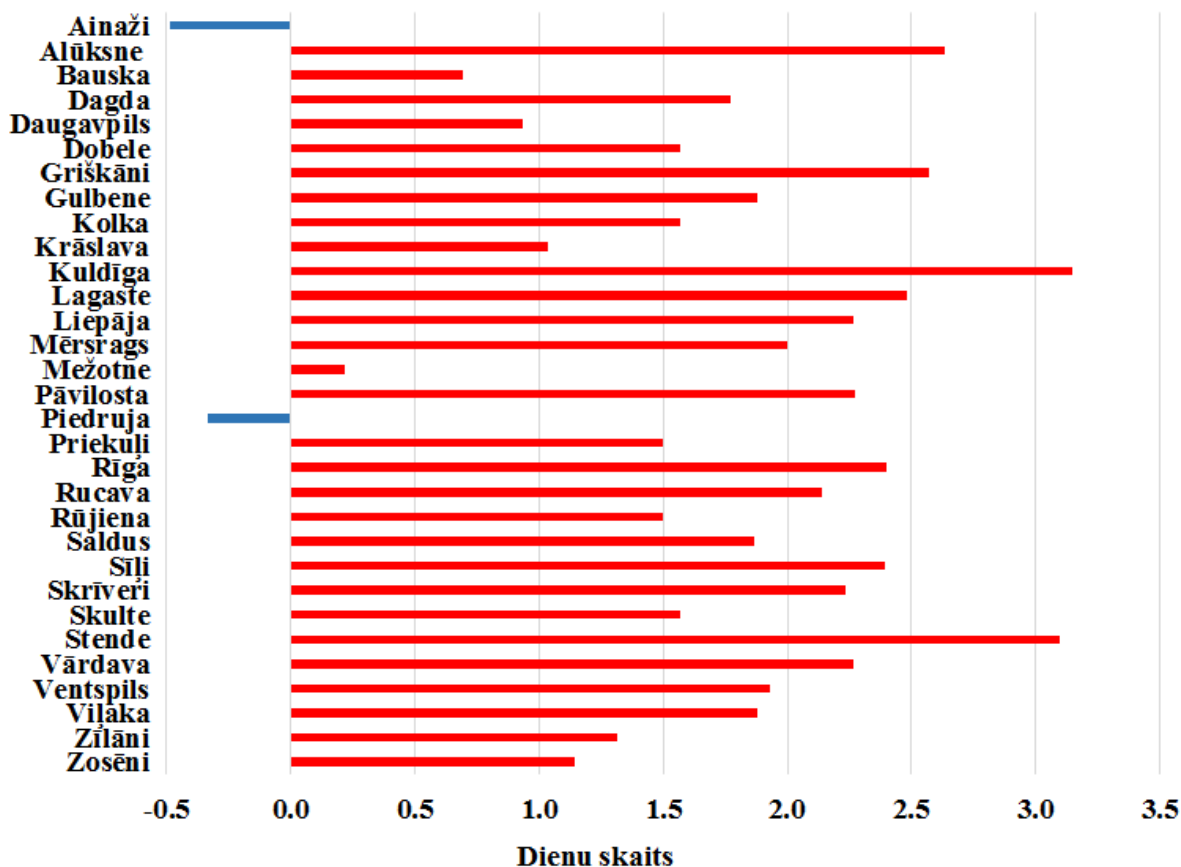
Gadu no gada dienu skaits ar stipriem nokrišņiem valstī svārstās no vidēji 9 līdz 20 dienām (3.117. attēls), un līdz šim vislielākais stipru nokrišņu gadījumu skaits Latvijā konstatēts 2007. gadā, kad tas vidēji valstī sasniedzis 20,4 dienas. Ik gadu Latvijas teritorijā kādā no novērojumu stacijām tiek reģistrēts stipru nokrišņu gadījumu skaits, kas ievērojami pārsniedz vidējo valstī. Piemēram, 1962. gadā Limbažos, 1977. gadā Rucavā, 1978. gadā Salacgrīvā, 1980. un 1981. gadā Venzavā, 1990. gadā Kuldīgā un 2007. gadā Siguldā, Limbažos un Pāvilostā dienu skaits ar stipriem nokrišņiem pārsniedza 30 dienas, savukārt līdz šim vislielākais stipru nokrišņu gadījumu skaits – 36 dienas – reģistrēts 1981. gadā Venzavā un 2007. gadā Limbažos un Pāvilostā. Apskatītajā periodā vismazākais dienu skaits ar stipriem nokrišņiem konstatēts 1976. gadā Dobelē, kad tikai 2 dienas gadā nokrišņu daudzums pārsniedzis 10 mm robežu. Turklāt arī citās meteoroloģisko novērojumu stacijās šajā gadā dienu skaits ar stipriem nokrišņiem nav pārsniedzis 15 dienas.



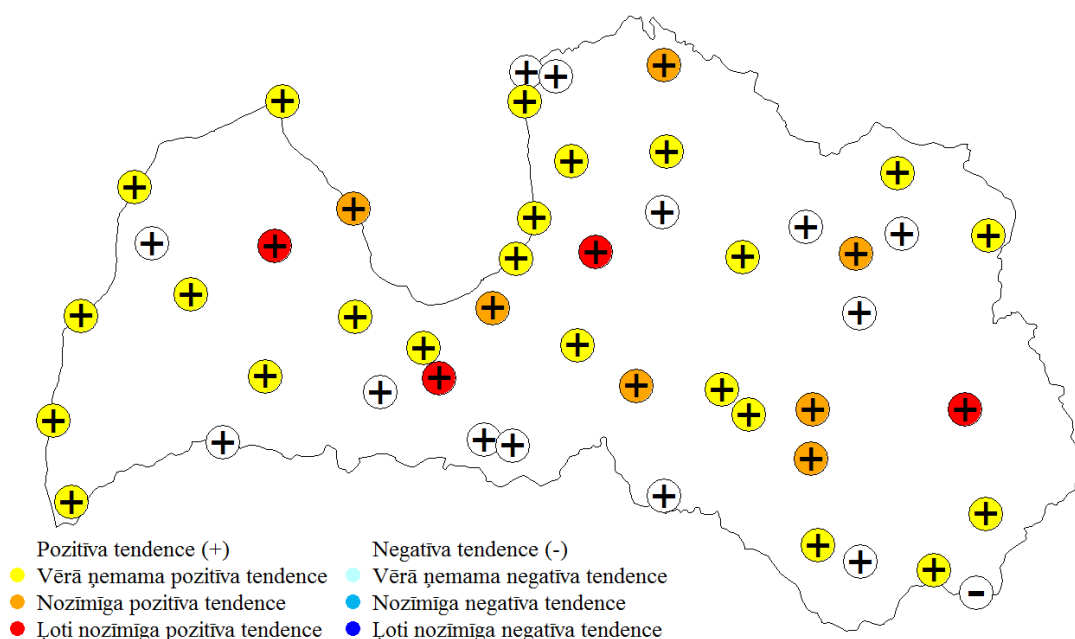
3.117.attēls. Dienu skaita ar stipriem nokrišņiem izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Stipru nokrišņu gadījumu skaits ilggadīgajā laika periodā Latvijā ir bijis pakļauts izmaiņām – salīdzinot ar references periodu, mūsdienās daudzviet valstī ir par 1-3 dienām ar stipriem nokrišņiem vairāk (3.118. attēls), turklāt ilggadīgajā periodā novērotās izmaiņas apstiprina arī augsts statistiskā būtiskuma līmenis (3.119. attēls). Šie rezultāti ir saskaņā ar citviet Eiropā novērotajām stipru atmosfēras nokrišņu gadījumu skaita izmaiņu tendencēm: kopumā stipru nokrišņu gadījumu skaits ziemas periodā palielinās Eiropas centrālajā un

ziemeļu daļā, savukārt stipru vasaras nokrišņu gadījumu skaits palielinās Eiropas ziemeļaustrumos (Beniston et al., 2007).



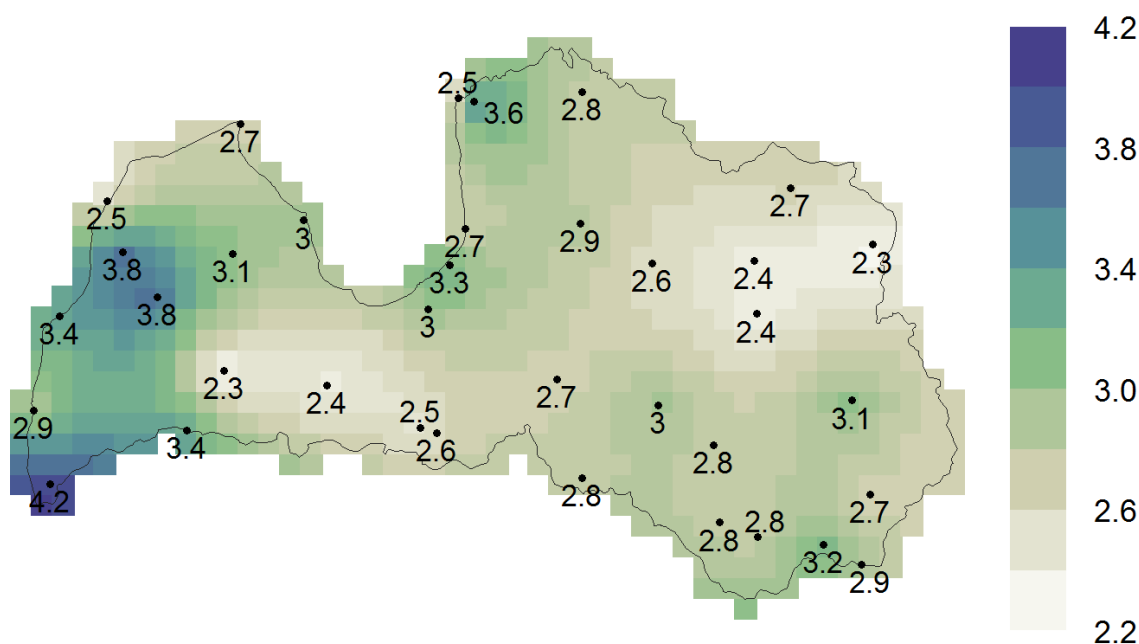
3.118.attēls. Dienu skaita ar stipriem nokrišņiem izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



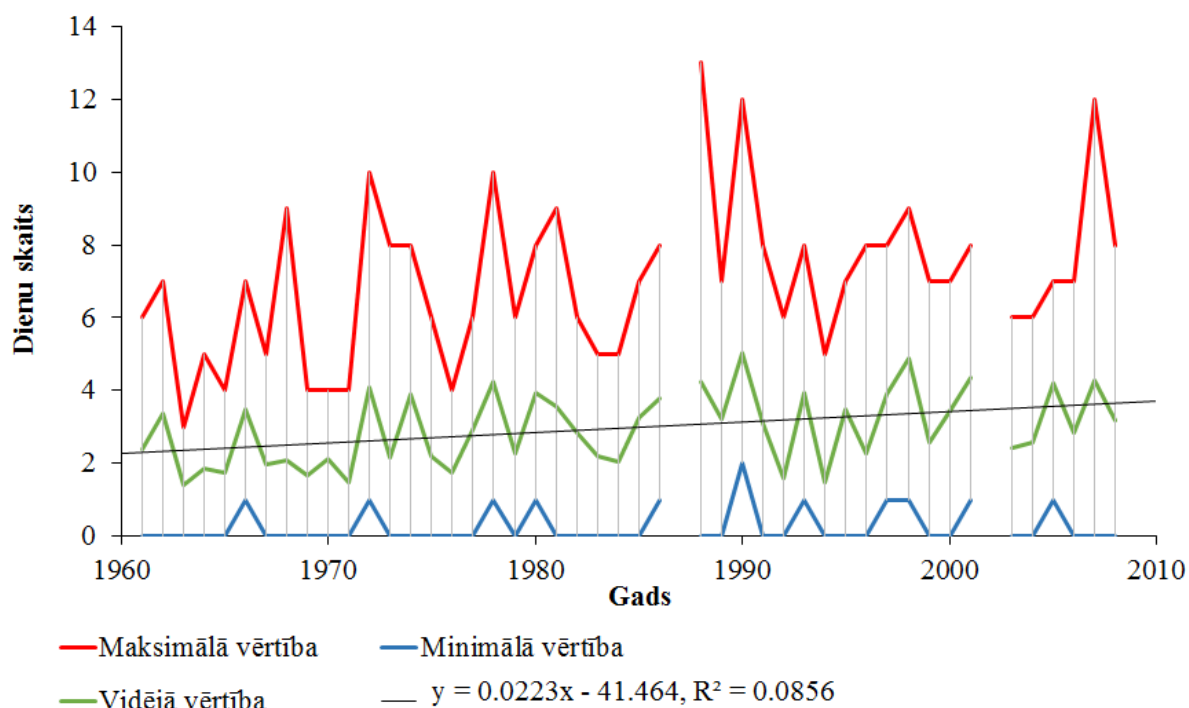
3.119.attēls. Dienu skaita ar stipriem nokrišņiem ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### **Dienu skaits ar ļoti stipriem atmosfēras nokrišņiem**

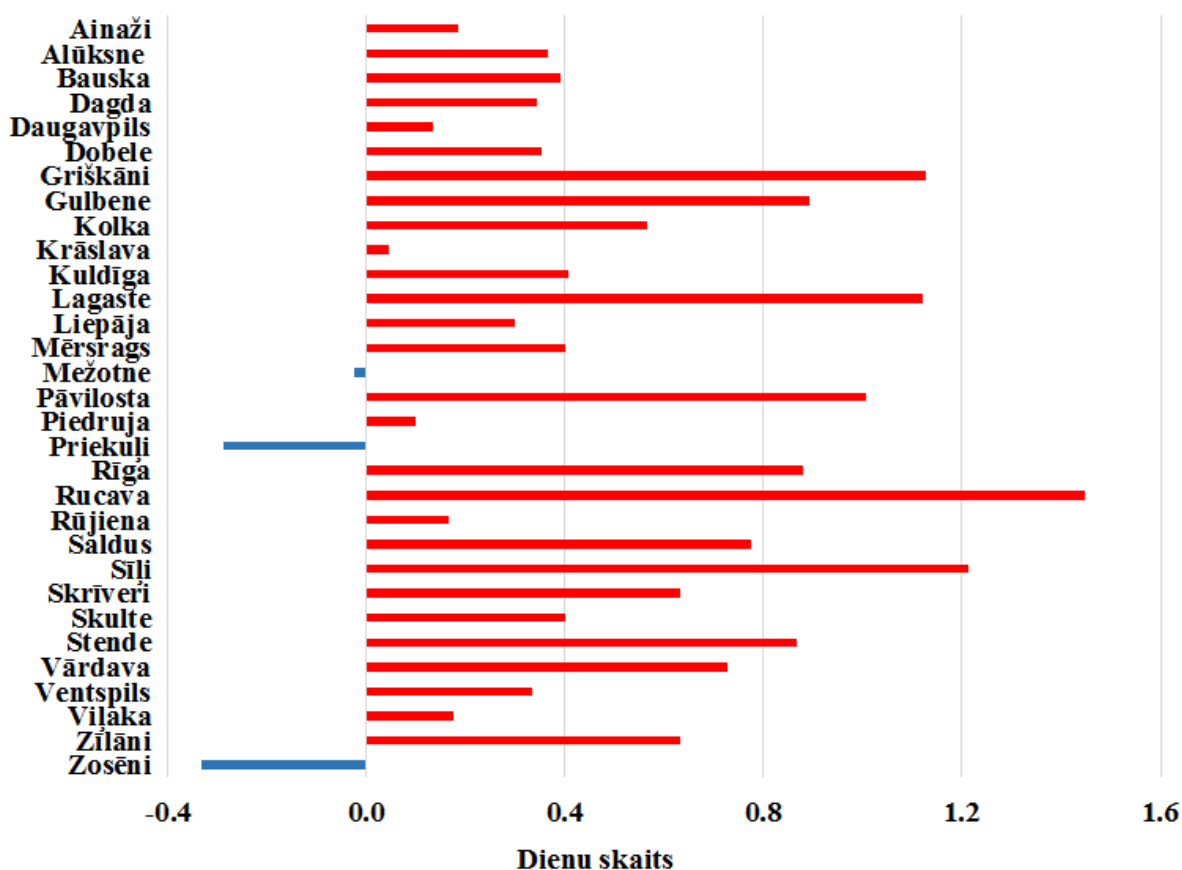
Dienas ar ļoti stipriem atmosfēras nokrišņiem raksturo lielāks diennakts nokrišņu daudzums – šajā pētījumā  $\geq 20$  mm – un arī lielāka teritoriālā izkliede un kopumā mazāks gadījumu skaits gada laikā (3.120. attēls). Latvijas teritorijā dienu ikgadējais dienu skaits ar ļoti stipriem nokrišņiem vidēji nepārsniedz 3 dienas, un tikai atsevišķos reģionos – Kurzemes rietumos, Rīgas apkārtnē, galējos dienvidaustrumu rajonos, kā arī Vidzemes ziemeļrietumos – ir nedaudz lielāks. Ļoti stipriem atmosfēras nokrišņiem raksturīga izteikti lokāla teritoriālā izplatība, kas bieži vien var neskart meteoroloģisko novērojumu staciju teritoriālā novietojuma punktus, līdz ar to pētījumā iekļautajos 50 gados tikai 11 gadi ir bijuši tādi, kuros visās meteoroloģisko novērojumu stacijās novērots vismaz viens ļoti stipru nokrišņu gadījums (3.121. attēls). Līdz šim maksimālais novērotais ļoti stipru nokrišņu gadījumu skaits gada laikā konstatēts 1988. gadā Kuldīgā, kur diennakts nokrišņu daudzums 20 mm robežu pārsniedzis kopumā 13 reizi. Tomēr arī 1972., 1978., 1990. un 2007. gadā atsevišķās novērojumu stacijās ļoti stipru nokrišņu gadījumu skaits ir sasniedzis vai pārsniedzis 10 dienas.



3.120.attēls. Ilggadīgais vidējais dienu skaits gadā ar ļoti stipriem nokrišņiem Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

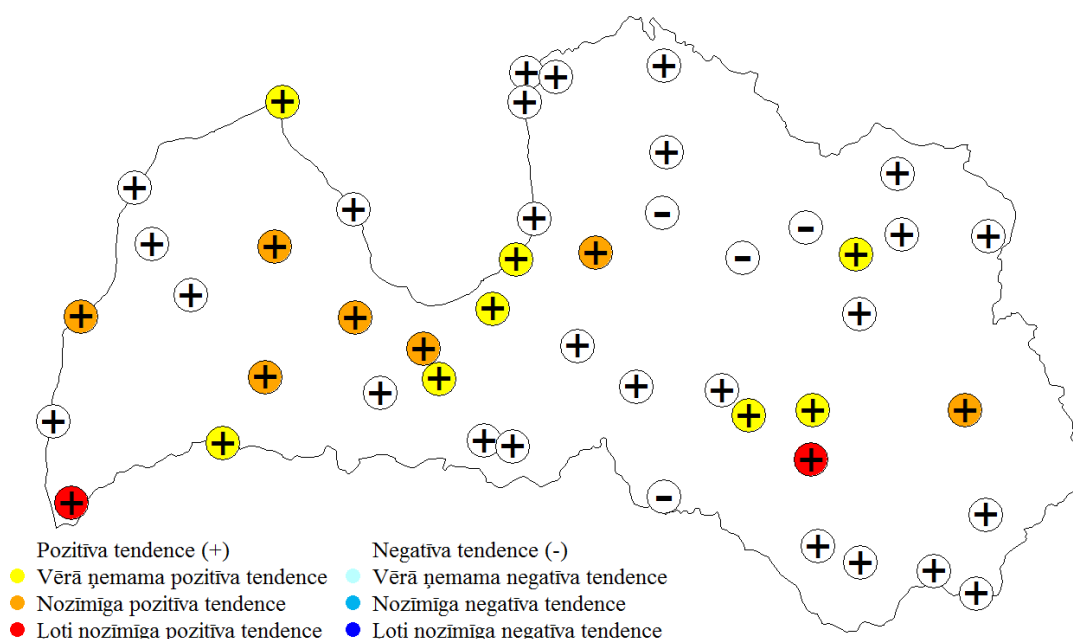


3.121.attēls. Dienu skaita ar ļoti stipriem nokrišņiem izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



3.122.attēls. Dienu skaita ar ļoti stipriem nokrišņiem izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās referenču periodu (1961.-1990. g.)

Mūsdienās Latvijā caurmērā dienu skaits ar ļoti stipriem nokrišņiem ir nedaudz lielāks nekā references periodā (3.122. attēls), tomēr šo izmaiņu statistiskā būtiskuma līmenis iezīmē ievērojamas teritoriālas atšķirības (3.123. attēls). Statistiski Vērā ņemamas līdz būtiskas ļoti stipru nokrišņu gadījumu skaita palielināšanās tendences pārsvarā ir skārušas valsts Centrālo daļu, tomēr visbūtiskāk šo ekstremālo gadījumu skaits ir palielinājies Rucavas un Sīļu novērojumu stacijās.

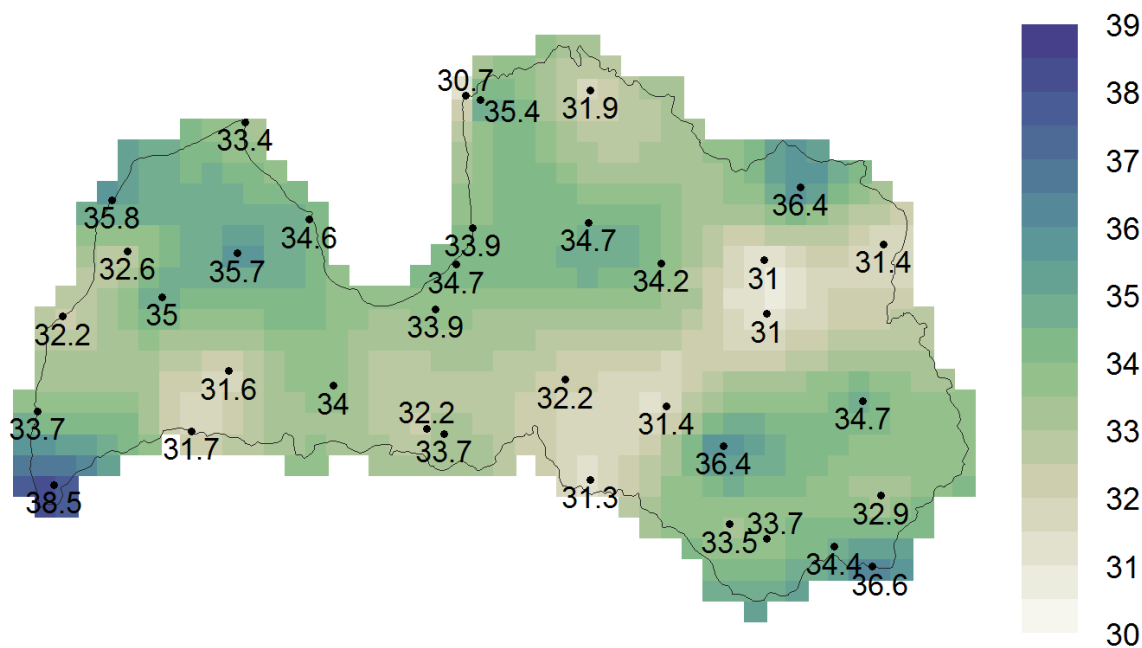


3.123.attēls. Dienu skaita ar ļoti stipriem nokrišņiem ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

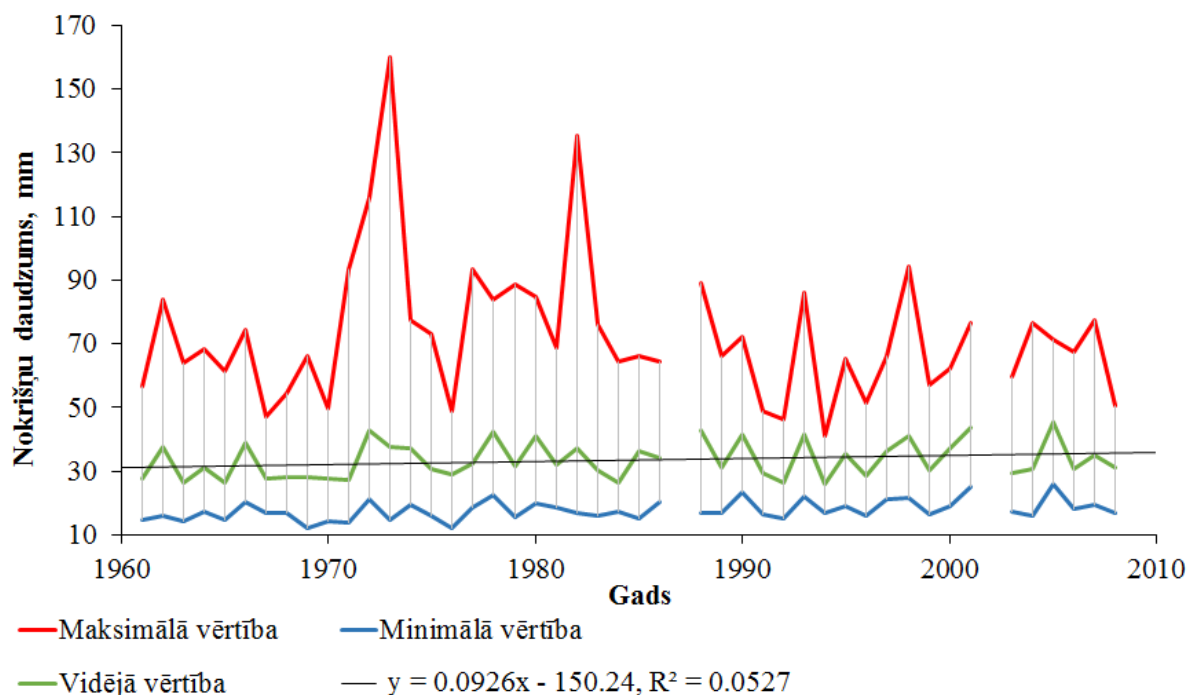
### **Maksimālais vienas diennakts nokrišņu daudzums**

Lai raksturotu stipru nokrišņu intensitāti, šī pētījuma ietvaros analizēts arī gada maksimālais vienas diennakts nokrišņu daudzums. Līdz ar to, ka stipriem atmosfēras nokrišņiem raksturīga ne tikai lokāla izplatība to atkārtojamības kontekstā, bet arī intensitātē, maksimālā vienas dienas nokrišņu daudzuma sadalījums Latvijas teritorijā ir telpiski izkaisīts (3.124. attēls). Tomēr vidēji ik gadu maksimālais diennakts nokrišņu daudzums teritorijā sasniedz 31-38,5 mm. Vienas diennakts nokrišņu daudzuma maksimumi apskatītajā periodā ir saistīti ar lokāliem ekstremāliem notikumiem. Piemēram, apskatītajā periodā novērotais absolūtais diennakts nokrišņu daudzuma maksimums 160 mm Ventspilī 1973. gada 9. jūlijā ir arī lielākais visā meteoroloģisko novērojumu vēsturē Latvijā novērotais diennakts atmosfēras nokrišņu daudzums (3.125. attēls).





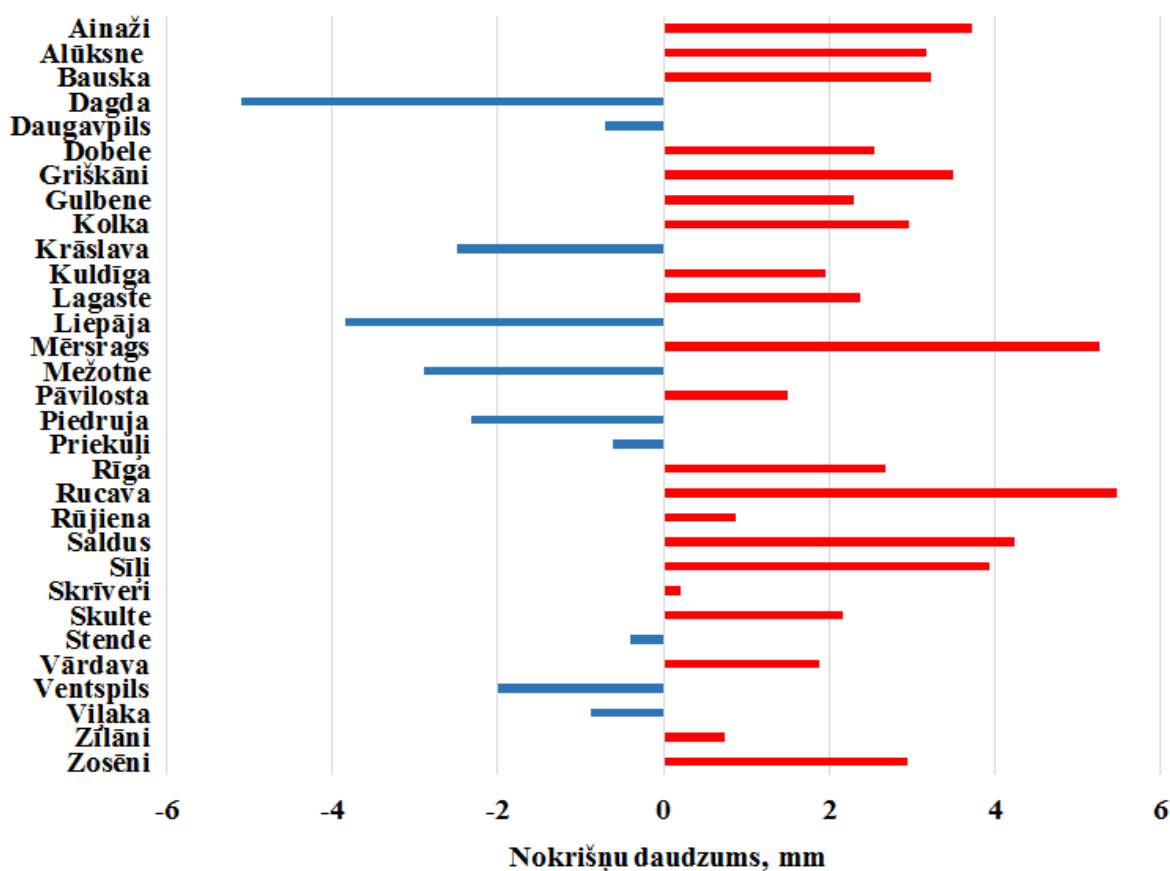
3.124.attēls. Ilggadīgais vidējais gada maksimālais vienas diennakts nokrišņu daudzums (mm) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



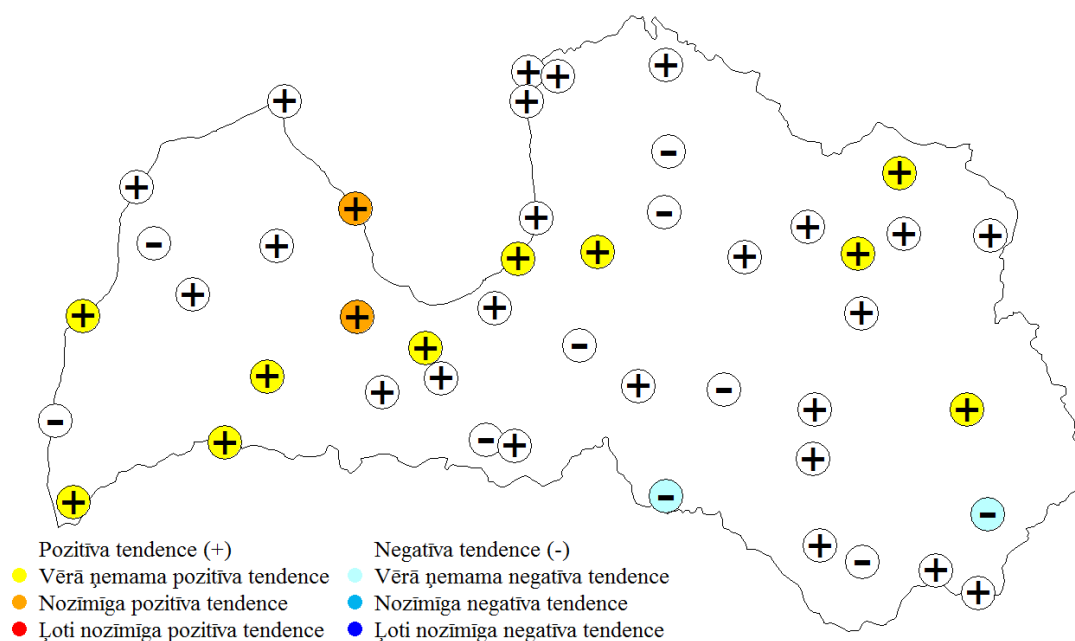
3.125.attēls. Gada maksimālā vienas diennakts nokrišņu daudzuma izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Līdz ar šī klimatiskā parametra lokālajām izplatības iezīmēm gan laikā, gan arī telpā, arī tā ilggadīgo izmaiņu tendences ir teritoriāli atšķirīgas un izkaisītas. Salīdzinot ar references perioda vērtībām, mūsdienu klimatiskās normas periodā maksimālais vienas diennakts nokrišņu daudzums Latvijā ir pārsvarā bijis par  $\pm 1-4$  mm atšķirīgs (3.126. attēls), lielākajā daļā meteoroloģisko novērojumu staciju iezīmējot pozitīvas izmaiņas. Tomēr tikai divās

meteoroloģisko novērojumu stacijās – Mērsragā un Praviņos – konstatēta statistiski būtiska vienas dienas nokrišņu daudzuma palielināšanās, kamēr Neretā un Dagdā vienas dienas nokrišņu daudzums ir arī vērā ņemami samazinājies (3.127. attēls).



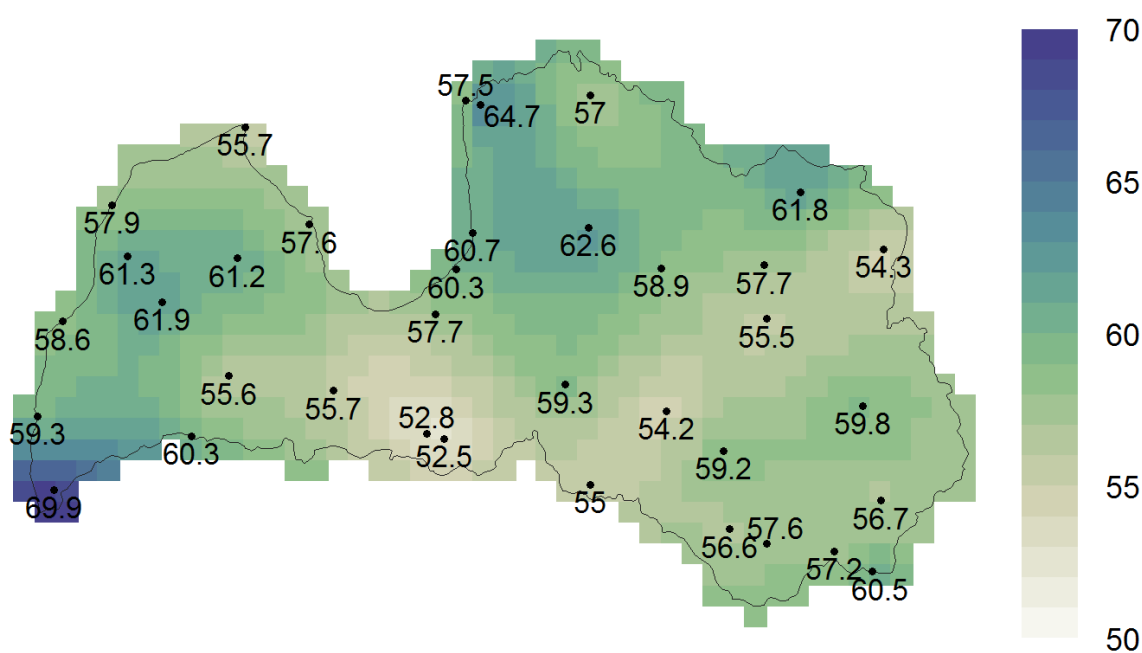
3.126.attēls. Maksimālā vienas diennakts nokrišņu daudzuma izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



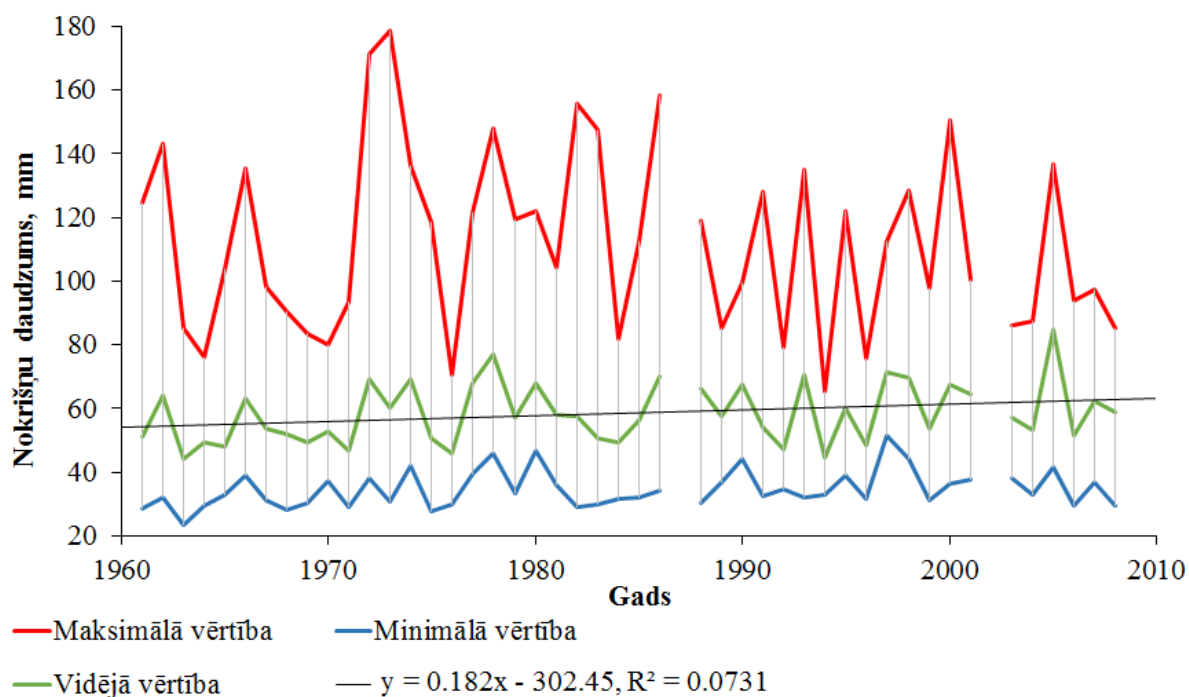
3.127.attēls. Maksimālā vienas diennakts nokrišņu daudzuma ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### Maksimālais piecu diennakšu nokrišņu daudzums

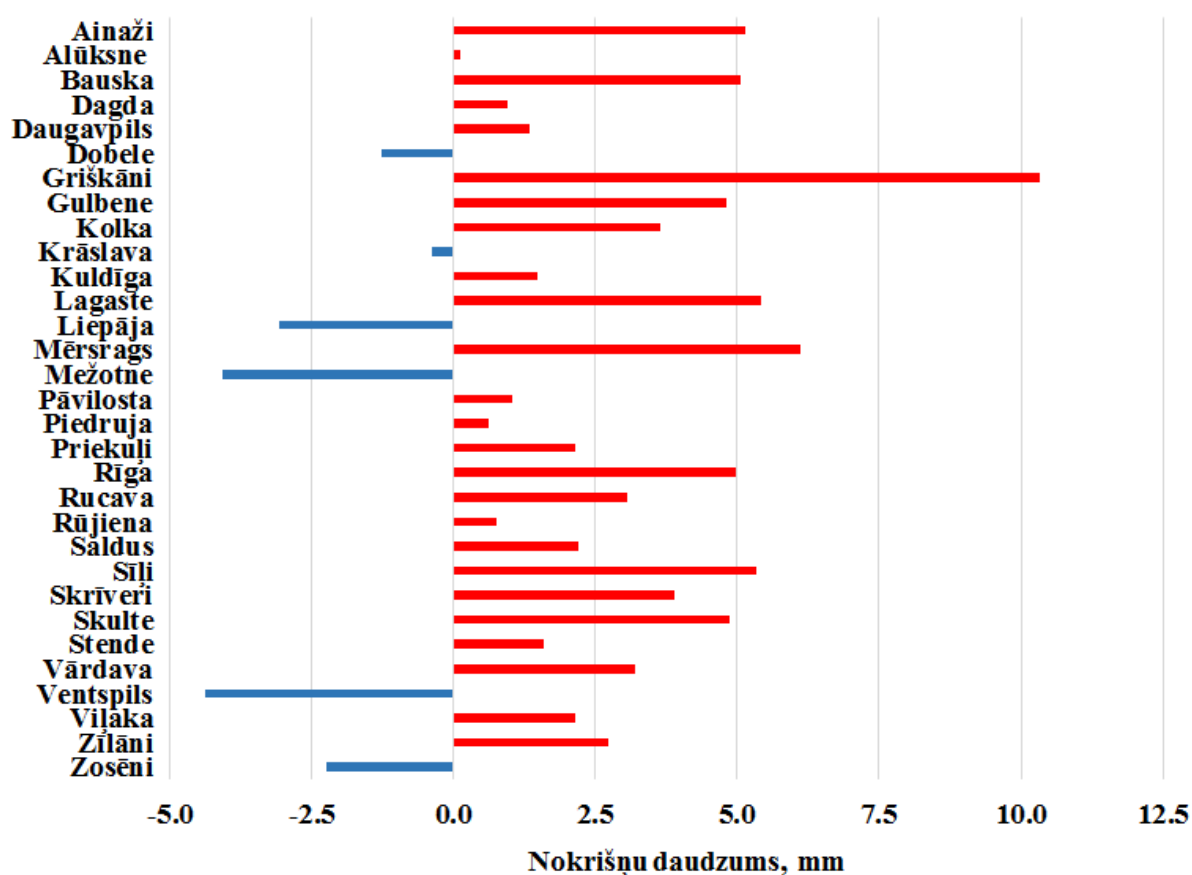
Maksimālais piecu diennakšu nokrišņu daudzums tiek uzskatīts par plūdus izraisošu gadījumu indikatoru, jo plašus un intensīvus plūdus parasti neizraisa, piemēram, vienreizējs pērkona negaisa gadījums ar stipriem un intensīviem nokrišņiem vienas diennakts laikā, bet daudz biežāk plūdi tiek novēroti apstākļos, kad spēcīgi nokrišņi skar plašu teritoriju ilgstošā laika periodā (De Lima et al., 2014). Maksimālā piecu diennakšu nokrišņu daudzuma vērtības Latvijā ir no 52,5 mm Zemgalē līdz 69,9 mm galējos dienvidrietumu rajonos, un kopumā šo ilgstošo nokrišņu intensitāte iezīmē maksimumus gaisa masu rietumu plūsmām pakļautajās teritorijās uz austrumiem no Rīgas līča un Baltijas jūras piekrastes (3.128. attēls). Lai gan Latvijā ik gadu 5 diennakšu laikā vidēji izkrīt 44-85 mm nokrišņu (3.129. attēls), šim parametram raksturīga izteikta mainība, kas saistīta gan ar iepriekš aprakstīto stipru atmosfēras nokrišņu teritoriālo izplatību, gan šajā gadījumā arī ar valdošajiem atmosfēras apstākļiem, kam jābūt labvēlīgiem ilgstošu bagātīgu nokrišņu nodrošināšanā. Līdz ar to atsevišķos gadījumos maksimālais nokrišņu daudzums piecu dienu laikā var nepārsniegt 23 mm (piemēram, 1963. gadā Kalnciemā), savukārt labvēlīgos apstākļos var pārsniegt pat 150 mm. Vislielākais līdz šim reģistrētais piecu diennakšu nokrišņu daudzums Latvijā reģistrēts 1973. gada jūlijā Ventspilī, kad līdz ar iepriekš aprakstītajiem rekordintensīvajiem vienas diennakts nokrišņiem piecu diennakšu laikā nolija 178,6 mm nokrišņu.



3.128.attēls. Ilggadīgais vidējais gada maksimālais piecu diennakšu nokrišņu daudzums (mm) Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

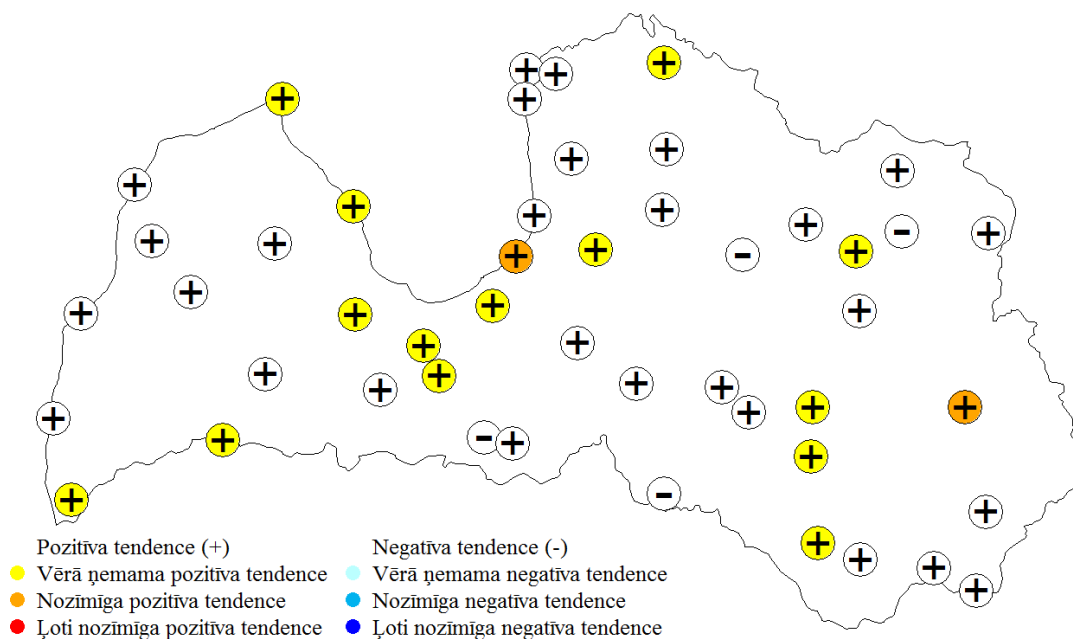


3.129.attēls. Gada maksimālā piecu diennakšu nokrišņu daudzuma izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



3.130.attēls. Maksimālā piecu diennakšu nokrišņu daudzuma izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās referenču periodu (1961.-1990. g.)

Mūsdienās Latvijā pārsvarā piecu diennakšu laikā izkrīt par 1-10 mm vairāk nokrišņu kā references periodā (3.130. attēls), tomēr tikai divās meteoroloģisko novērojumu stacijās – Carnikavā un Griškānos – konstatētas statistiski būtiskas piecu diennakšu nokrišņu daudzuma pieauguma tendences (3.131. attēls).

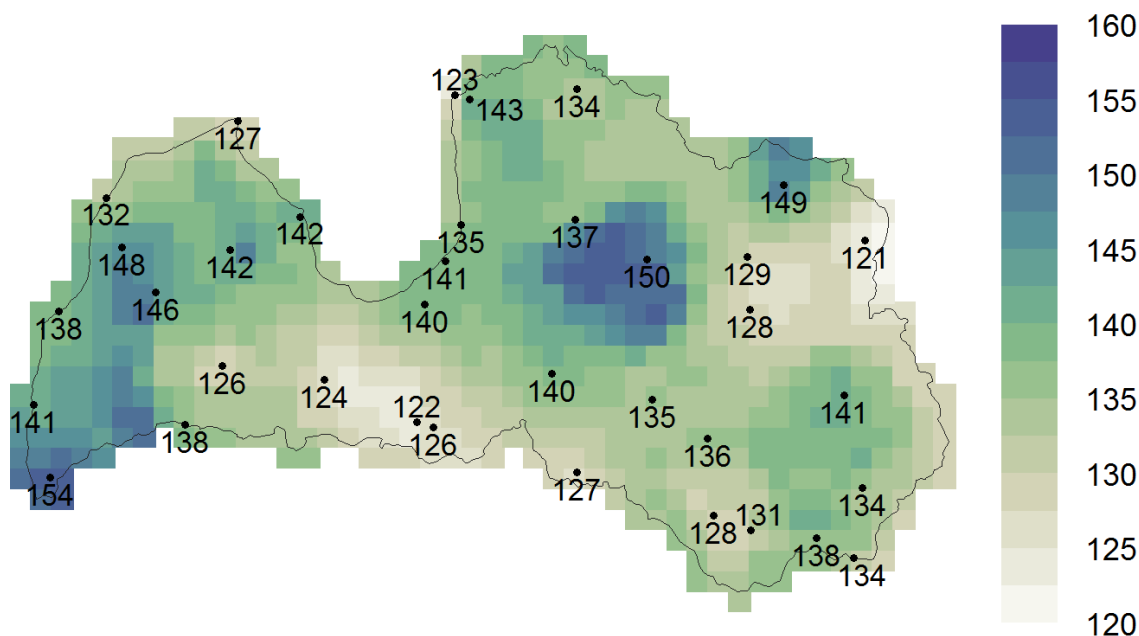


3.131.attēls. Maksimālā piecu diennakšu nokrišņu daudzuma ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

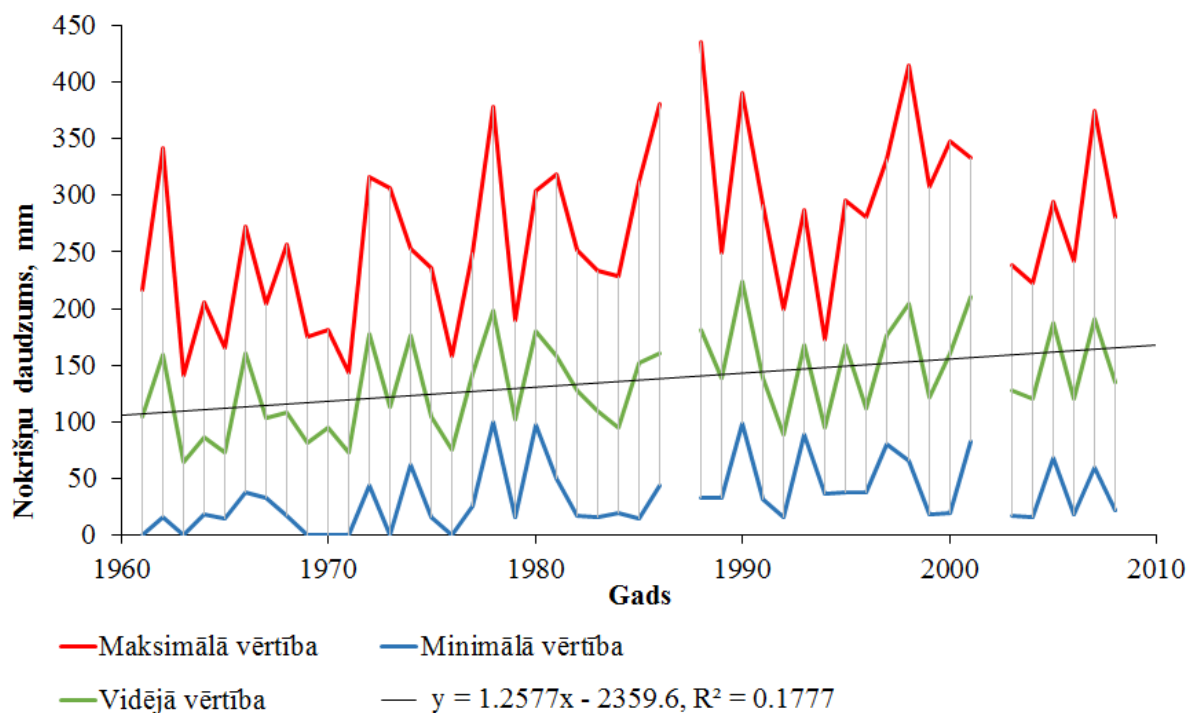
### Loti mitras dienas

Klimatiskajā analizē bieži vien tiek izmantotas procentiņu vērtības, kas raksturo analizētā parametra novēroto vērtību sadalījumu kādā noteiktā laika periodā. Šī pētījuma ietvaros kopējā nokrišņu daudzuma ļoti mitru dienu laikā raksturošanai kā robežvērtība ļoti mitru dienu identificēšanai izmantota references perioda ikdienas nokrišņu daudzuma 95. procentīles vērtība. Darbā tika analizēts kopējais nokrišņu daudzums tajās dienās, kas pārsniedz šo noteikto references perioda procentīles vērtību. Vidēji gada laikā ļoti mitrās dienās Latvijā kopumā nolīst 121 līdz 154 mm nokrišņu, un lielāks ļoti mitrajās dienās nolijušo nokrišņu īpatsvars ir raksturīgs Austrumlatvijas augstieņu apgabaliem, kā arī Kurzemes rietumu daļai (3.132. attēls). Nokrišņu daudzums, kas izkrīt ļoti mitru dienu laikā vidēji Latvijā gadu no gada svārstās 64-224 mm robežās, iezīmējot gan gadus ar ievērojamu tādu dienu skaitu, kas pārsniedz references perioda 95. procentīles atmosfēras nokrišņu intensitātes robežvērtības, gan arī gadus kur šādu dienu īpatsvars ir neliels (3.133. attēls). Tā kā katrai pētījumā iekļautajai novērojumu stacijai ir atšķirīgas references perioda 95. procentīlei atbilstošās atmosfēras nokrišņu intensitātes

vērtības, arī ikgadējās svārstības ļoti mitru dienu kopējā nokrišņu daudzumā ir teritoriāli mainīgas. Tomēr ilggadīgajā laika periodā iezīmējas pozitīva tendence – mitrās dienās izkritušo atmosfēras nokrišņu daudzums Latvijā aizvien palielinās.

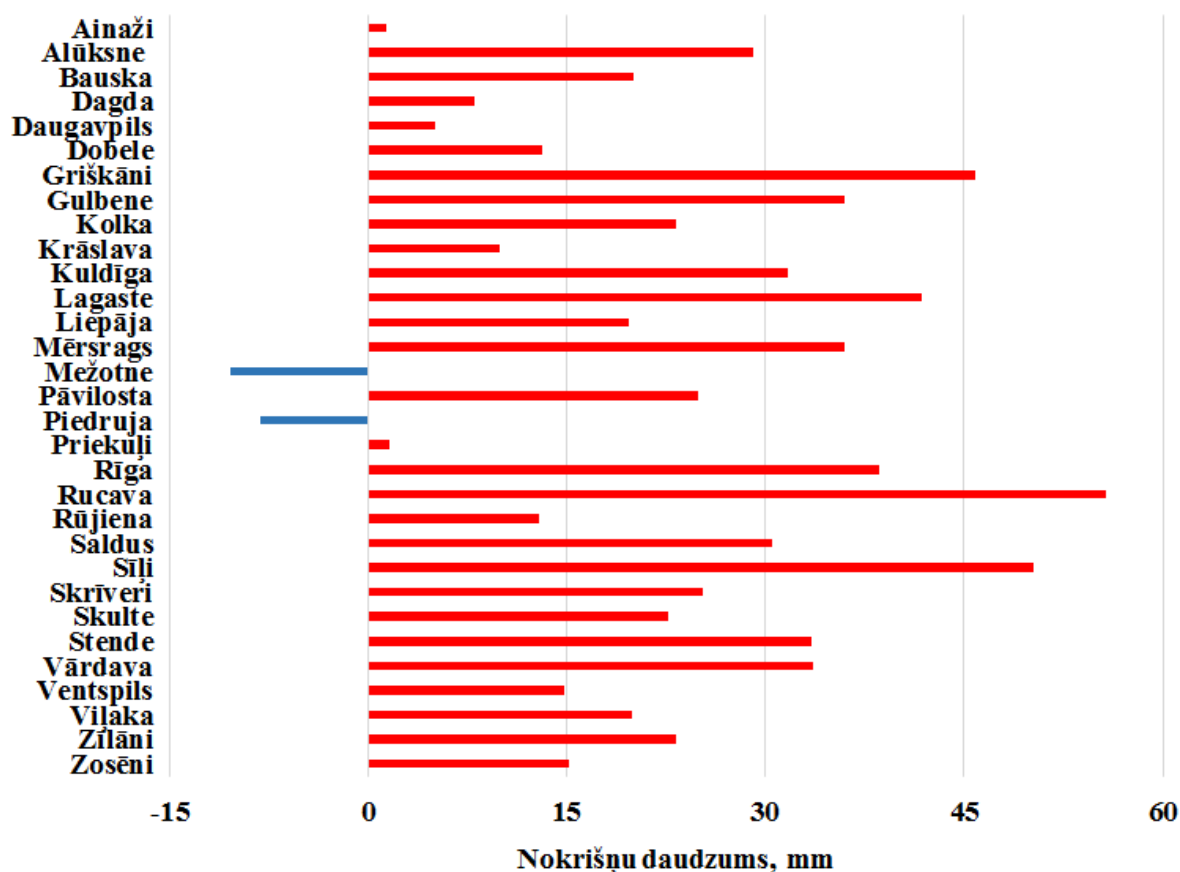


3.132.attēls. Ilggadīgais vidējais gada kopējais nokrišņu daudzums (mm) ļoti mitrās dienās Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

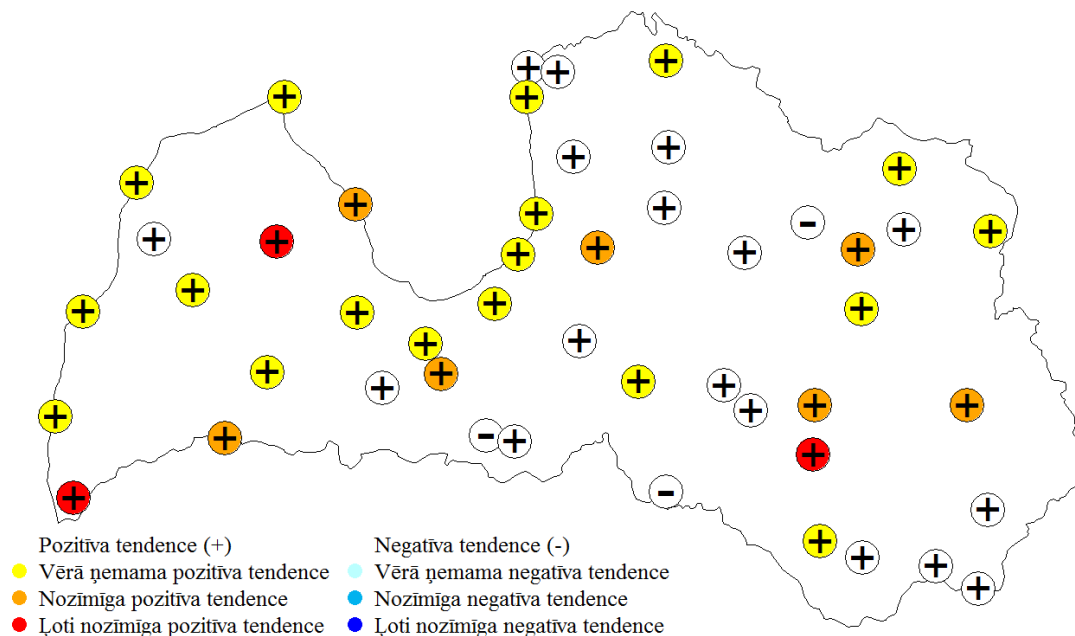


3.133.attēls. Kopējā nokrišņu daudzuma ļoti mitrās dienās izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Salīdzinot ar references perioda vērtībām, mūsdienās kopējais nokrišņu daudzums ļoti mitrās dienās ir par 15-50 mm lielāks (3.134. attēls). Izņēmumi teritoriālā griezumā ir vien Mežotnes un Piedrujas novērojumu stacijas, kur mūsdienās mitrās dienās nokrišņu daudzums ir par ~10 mm mazāks. Ilggadīgo izmaiņu tendenču analīze (3.135. attēls) norāda uz vērā ņemamām līdz statistiski ļoti būtiskām kopējā nokrišņu daudzuma ļoti mitru dienu laikā pieauguma tendencēm, kas vairāk izteiktas ir valsts rietumu un centrālajā daļā. Visbūtiskāk ļoti mitru dienu nokrišņu daudzums ir palielinājies Rucavas, Stendes un Sīļu meteoroloģisko novērojumu stacijās. Kopējā nokrišņu daudzuma palielināšanās gadījumos, kad diennakts nokrišņu daudzums pārsniedz 95. procentīli, norāda uz ekstremālu nokrišņu biežuma pieaugumu – aizvien biežāk tiek novērots tāds diennakts nokrišņu daudzums, kas atbilstoši references perioda novērojumu datiem tika izdalīts kā ekstremāls.



3.134.attēls. Kopējā nokrišņu daudzuma ļoti mitrās dienās izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

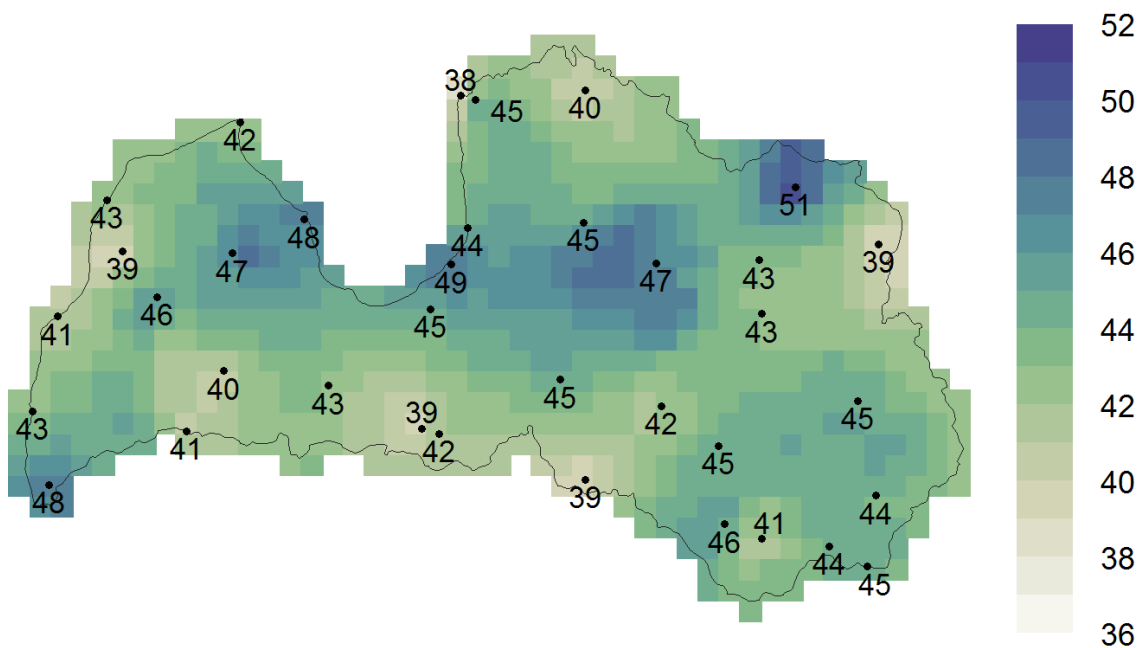


3.135.attēls. **Kopējā nokrišņu daudzuma ļoti mitrās dienās ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam**

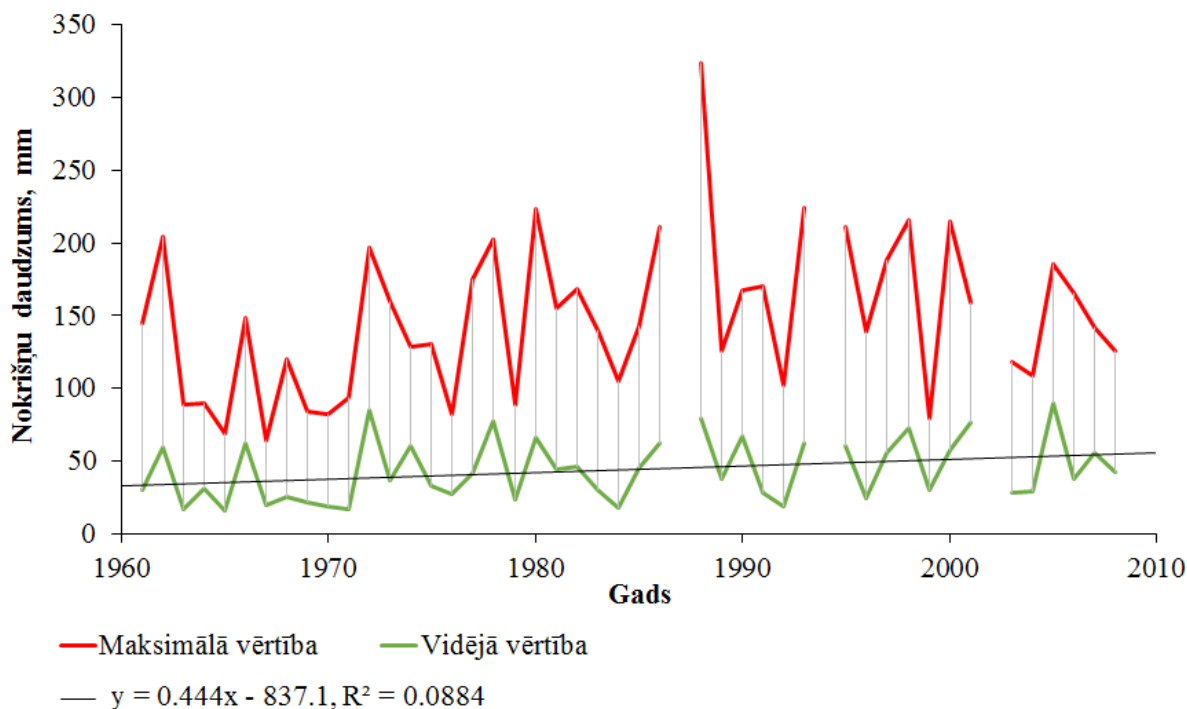
### **Ekstremāli mitras dienas**

Ja ļoti mitras dienas tiek definētas, izmantojot references perioda diennakts atmosfēras nokrišņu intensitātes 95. procentīles vērtības, tad ekstremāli mitras dienas tiek definētas, izmantojot 99. procentīles vērtības, jeb izdalot 1% ekstremālāko gadījumu no kopējā gadījumu skaita references perioda laikā. Tā kā ekstremāli mitras dienas ir ievērojami retākas, to laikā ik gadu izkrīt mazāks nokrišņu daudzums nekā ļoti mitrās dienās. Līdz ar to laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam vidēji gada laikā ekstremāli mitrās dienās novēroti 39-51 mm nokrišņu (3.136. attēls). Tā kā ekstremāli mitras dienas ir ļoti reta parādība, visās pētījumā iekļautajās meteoroloģisko novērojumu stacijas konstatēti gadi, kuros ekstremāli mitras dienas nav novērotas, savukārt gadu griezumā bijis tikai viens gads, kad visās meteoroloģisko novērojumu stacijās novērotas ekstremāli mitras dienas – 2005. gadā nokrišņu daudzums šajās dienās bijis no 26,9 mm Stendē līdz 185,3 mm Velēnā (3.137. attēls). Vidēji Latvijā apskatītajā periodā nokrišņu daudzums ļoti mitrās dienās svārstījies 15,6-89,6 mm robežās, tomēr perioda gaitā atsevišķās novērojumu stacijās nokrišņu daudzums bieži vien pārsniedzis 150-200 mm robežas. Vislielākais līdz šim novērotais nokrišņu daudzums ekstremāli mitru dienu laikā novērots 1988. gadā Kuldīgā, kad ekstremāli mitras dienas kopumā atnesušas 323,2 mm jeb gandrīz trešdaļu no gada kopējā 1001,2 mm nokrišņu daudzuma.





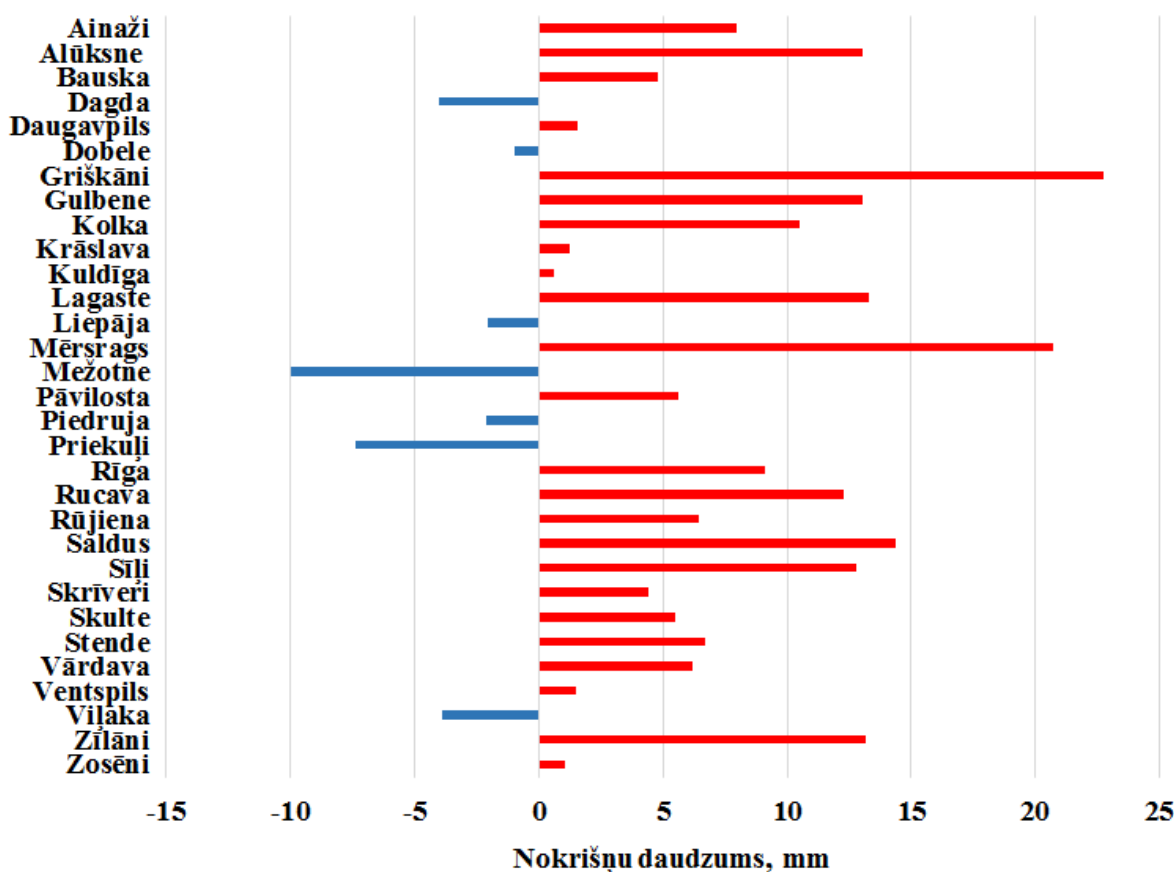
3.136.attēls. Ilggadīgais vidējais gada kopējais nokrišņu daudzums (mm) ekstremāli mitrās dienās Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam



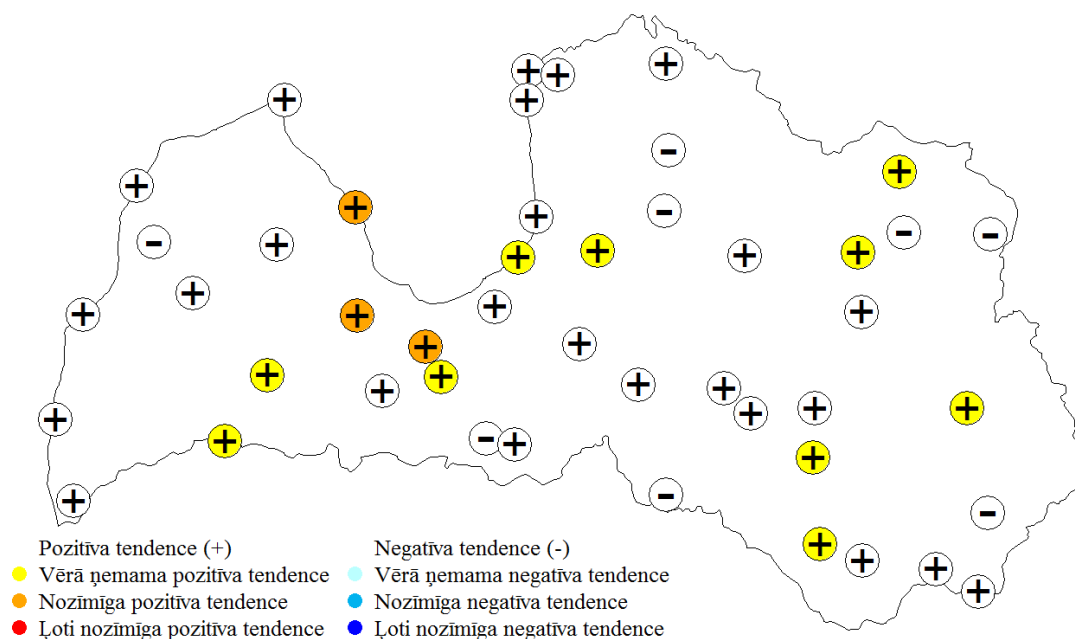
3.137.attēls. Kopējā nokrišņu daudzuma ekstremāli mitrās dienās izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Salīdzinot references perioda vērtības ar mūsdienu klimatisko normu raksturojošā perioda vērtībām, jāsecina, ka valsts lielākajā daļā kopējais nokrišņu daudzums ekstremāli mitru dienu laikā ir par 5-20 mm palielinājies (3.138. attēls). Tomēr ilggadīgajā laika periodā valstī pārsvarā nav novērotas statistiski būtiskas ekstremāli mitru dienu nokrišņu daudzuma izmaiņas (3.139.

attēls) – tikai Mērsrags, Praviņu un Kalnciema novērojumu stacijās nokrišņu daudzums ekstremāli mitrās dienās ir palielinājies. Jāpiemin, ka šīs meteoroloģisko novērojumu stacijas atrodas tiešā Rīgas līča tuvumā, kur novērotā ekstremālu gadījumu nestā nokrišņu daudzuma palielināšanās varētu būt saistīta ar Rīgas līča efekta ietekmi, kad labvēlīgos apstākļos piekrastes joslas ilgstošā laika periodā no līča puses sasniedz intensīvu nokrišņu zonas. Līdzīgos apstākļos 2009. gada 16.-17. decembrī Kurzemē Rīgas līča piekrastē tika novērota lokāla un intensīva snigšana, kuras laikā Kolkā tika novērots lielākais līdz šim reģistrētais sniega segas pieaugums vienas diennakts laikā – 70 un vairāk cm. Minētajā gadījumā maksimālā nokrišņu intensitāte tika novērota Kolkā, tomēr arī citviet šaurā piekrastes joslā, tostarp Mērsragā, tika novērota ilgstoša un stipra snigšana (LVĢMC, 2010).



3.138.attēls. Kopējā nokrišņu daudzuma ekstremāli mitrās dienās izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)



3.139.attēls. Kopējā nokrišņu daudzuma ekstremāli mitrās dienās ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

### 3.3. Vēja ātrums un virziens

Vēju vienkāršoti var definēt kā gaisa masu pārvietošanos, ko visbiežāk saprot ar gaisa masu pārvietošanās ātrumu horizontālā virzienā (NWS, 2010). Vējš ir novērojams apstākļos, kad pastāv atšķirības atmosfēras spiediena horizontālās izplatības laukā, un vēja ātrums ir tieši proporcionāls atmosfēras spiediena gradientam jeb kontrastam starp atsevišķiem punktiem. Vējš vienmēr pūš no augsta spiediena apgabala uz zemāka spiediena apgabalu, tomēr Zemes rotācijas dēļ šī gaisa pārvietošanās nav taisnvirziena, jo uz to iedarbojas Koriolisa spēks. Koriolisa spēks nosaka to, ka ziemeļu puslodē gaiss plūdis apkārt augsta spiediena apgabalam pulksteņrādītāja virzienā, bet apkārt zema spiediena apgabalam - pretēji pulksteņa rādītāja virzienam. Kopumā pastāv trīs spēki, kas nosaka vēja virzienu un ātrumu – spiediena gradienta spēks, Koriolisa spēks un berzes spēks. Jo lielākas būs atmosfēras spiediena horizontālās atšķirības, jo lielās būs spiediena gradienta spēks un vēja ātrums. Berze samazina vēja ātrumu piezemes gaisa slānī, kas savukārt mazina arī Koriolisa spēka izpausmes, līdz ar to vējš piezemes slānī ir spirālveida plūsma, kas plūst no augsta spiediena apgabala uz zema spiediena apgabalu (Ahrens, 2009).

Vēja ātrums un tā izmaiņas gada griezumā ir būtiski atkarīgas no atmosfēras kopējās cirkulācijas īpatnībām, kā arī no vietējiem apstākļiem. Lokāli ir novērojami vietējie vēji, kas atšķiras ar ātrumu, atkārtotības biežumu, virzienu un citām īpašībām, un kuru veidošanās

parasti ir saistīta ar atmosfēras cirkulācijas īpatnībām virs konkrētā reģiona, apvidus reljefa raksturu un citiem faktoriem. Kā piemērus lokālu apstākļu izraisītiem vējiem var minēt brīzes jūras, okeānu un lielu ezeru piekrastēs, kalnu-ieleju vējus. Vietējo vēju nosaukumi ir dažādi, un visbiežāk norāda uz to dominējošo virzienu vai ģeogrāfisko rajonu, kur tie tiek novēroti. Sauszemes un jūras brīzes – vēji, kas veidojas temperatūras atšķirību un mainības dēļ jūrā un blakus esošajā piekrastes teritorijā. Vēji šajos gadījumos veidojas mijiedarbībā ar atmosfēras spiedienu konkrētajā teritorijā – dienā vēsāks vējš pūš no jūras uz sauszemi, bet naktī zeme atdziest straujāk un vējš pūš pretējā virzienā (Lutgens and Tarbuck, 2013). Jūras un sauszemes brīzes nereti ir novērojamas arī Latvijā Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastēs. Izteiktas brīzes vērojamas karstās vasaras dienās, kad pastāv lielāks gaisa temperatūras kontrasts starp gaisu virs jūras un sauszemes. Tomēr brīzes ir novērojamas tikai tad, ja noteicošā atmosfēras gaisa plūsma nav izteikta vai ir lēna un spiediena gradienta spēks nav noteicošais vēja rakstura veidošanā. Vietējie vēji ir svarīgi, jo tie bieži rada laika apstākļu izmaiņas, kas saistītas ne tikai ar vēja raksturu, bet arī ar silta vai auksta gaisa ieplūšanu teritorijā vai mākoņu un nokrišņu veidošanos (Ahrens, 2009).

Svarīgs vēja ātruma parametrs ir vēja ātrums brāzmās, kas ir ievērojami lielāks nekā vidējais vēja ātrums. Vētru laikā tieši vēja brāzmas izraisa lielākos postījumus. Vēja brāzmas ir raksturīgas piezemes gaisa plūsmai, jo tās izraisa berze, kas lielākā vai mazākā mērā ir raksturīga katrai teritorijai. Jo nelīdzenāka ir kādas teritorijas virsma, jo lielāka ir piezemes slāņa berze, līdz ar to gaisa plūsmas raksturs piezemē var tikt raksturots kā turbulentāks, kas savukārt rada izteiktākas vēja brāzmas. Berze pastāv arī virs salīdzinoši līdzenām virsmām, piemēram, virs jūrām vai okeāniem, tomēr tās ietekme uz vēja plūsmas raksturu ir mazāk izteikta. Šī iemesla dēļ virs jūrām un okeāniem vidējā vēja ātruma un vēja ātruma brāzmās starpība ir mazāka nekā virs sauszemes, piemēram, pilsētām, tomēr kopumā vēja ātrums virs jūrām un okeāniem parasti ir lielāks, jo apvidū nepastāv daudz fizisku šķēršļu, kas ierobežo vēja plūsmu (Ahrens, 2009).

Ņemot vērā, ka mūsdienās galvenais datu avots par vēja ātrumu un virzienu virs sauszemes ir anemometra mērījumi, pastāv augsta nenoteiktība tā ilggadīgo izmaiņu tendenču analīzēs. Globālā mērogā ir maz homogenizētu garu vēja ātruma datu rindu, jo mērinstrumenti ir ļoti jutīgi attiecībā pret to augstumu virs zemes virsmas – nedaudz mainoties augstumam, kurā instruments ir novietots, mērījumu rezultāti var ļoti atšķirties. Turklāt laika gaitā nereti instrumentu augstums tiek mainīts – piemēram, arī Latvijā lielākajai daļai uzstādīto anemometru vairākkārt ir mainīts augstums. Tāpat instrumenta mērījumi lielā mērā ir atkarīgi no apkārtējās vides elementiem, piemēram, veģetācijas un dažādām būvēm, kas laika gaitā var

būt ar mainīgu izplatības raksturu kādā noteiktā reģionā. Līdzšinējie pētījumi joprojām nav viennozīmīgi apstiprinājuši to, vai piezemes vēja ātrums ilggadīgajā periodā pasaulē ir izteikti un būtiski mainījies. Nenoteiktība, iespējams, var tikt saistīta ar atšķirīgām datu kopām un mērījumu metodēm, kas tiek izmantotas pētījumos. Tomēr, izmantojot visus pieejamos meteoroloģisko novērojumu datus, ilggadīgo izmaiņu tendences rāda, ka pastāv teritorijas, kur vēja ātrums palielinās (piemēram, tādos lielo platumu apgabalos kā Aļaskā, Kanādas arktiskajā daļā un Antarktīdā), kā arī atsevišķi apgabali, kur tas samazinās (piemēram, tropu un vidējo platumu teritorijās abās puslodēs) (IPCC, 2014).

Piezemes vēja ātrumam un virzienam ir spēcīga ietekme arī uz Baltijas jūras reģionu un cilvēku aktivitātēm reģionā. Ekstremāls vēja ātrums ir tiešs drauds cilvēku dzīvībai un materiālajām vērtībām. Tāpat lielu vēja ātrumu var saistīt arī ar netiešu ietekmi, piemēram, augstiem viļņiem, vējuzplūdiem, kā arī piekrastes eroziju, kas var radīt ekonomiskos zaudējumus (The BACC II Author Team, 2015). Apkopojot Baltijas jūras reģionā izstrādāto pētījumu rezultātus, ir secināts, ka kopš 19. gadsimta reģionā nav novērotas būtiskas izmaiņas tendences vēja rādītāju vērtībās, tomēr pastāv vērā ņemamas variācijas datu rindās starp atsevišķām novērojumu dekādēm (The BACC II Author Team, 2015).

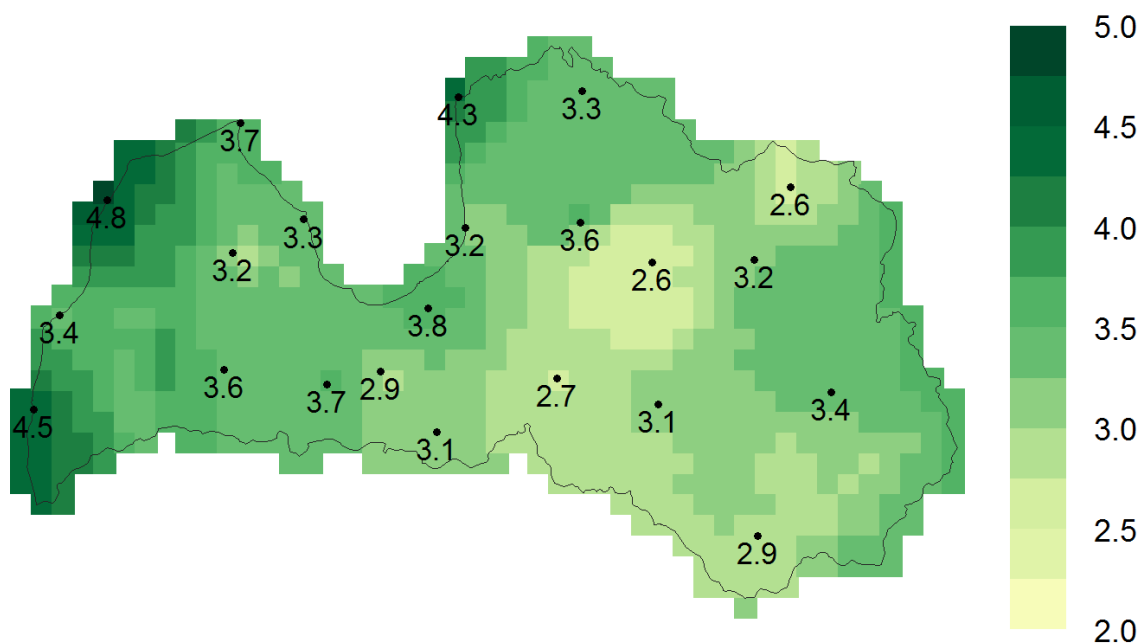
### ***3.3.1. Vēja ātruma izmaiņas Latvijā***

Pilnvērtīgai ilgtermiņa klimatisko apstākļu analīzei izmantojami dati par vēja virzienu un ātrumu Latvijā vairumā novērojumu staciju pieejami, sākot no 1966. gada, bet atsevišķās novērojumu stacijās mērījumi uzsākti vēl agrāk. Laika gaitā pakāpeniski attīstoties meteoroloģisko novērojumu veikšanā izmantotajām tehnoloģijām, meteoroloģisko novērojumu stacijās vēja ātruma novērojumu veikšanas metodes ir būtiski mainījušās. Sākotnēji vēja ātruma mērījumi ar vējrāža palīdzību meteoroloģisko novērojumu stacijās tika veikti vizuāli, savukārt pilnīga pāreja uz anemorumbometra mērījumiem – kas ir ievērojami precīzāka vēja ātruma un virziena novērojumu veikšanas metode – Latvijā noslēdzās 1977. gadā (jāmin, ka dažās meteoroloģisko novērojumu stacijās – Ventspilī, Stendē un Rīgā – vēja ātruma novērojumi ar anemorumbometru veikti jau kopš 1966. gada). Līdz ar to šī pētījuma ietvaros izmantotajām datu rindām par vēja ātrumu laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam raksturīga nehomogenitāte, kas saistīta ar atšķirīgo vēja ātruma novērojumu veikšanas metodiku dažādos perioda pirmo dekāžu laikā. Lai novērstu šīs atšķirības, kas varētu nozīmīgi ietekmēt arī veiktās datu analīzes rezultātus, vēja ātruma novērojumu datu rindām tika veikta homogenizācija, kuras laikā iegūtas savstarpēji salīdzināmas novērojumu vērtības par laika periodu līdz un pēc pilnīgai novērojumu pārejai uz anemorumbometra mērījumiem 1977. gadā.

Šī pētījuma ietvaros tika analizētas vidējā vēja ātruma, kā arī vēja brāzmu vērtību teritoriālās izplatības un ilggadīgo izmaiņu iezīmes Latvijas teritorijā, kā arī apskatīta vējainu un bezvēja dienu atkārtamība apskatītajā laika periodā. Lai gan darbā izmantotas laikā homogenizētas novērojumu datu rindas, vēja ātruma raksturlielumu vērtību izplatībā novērojamas lokālas iezīmes, kas saistītas ne tikai ar valdošās vēja plūsmas raksturu, bet arī ļoti lokālām iezīmēm meteoroloģisko novērojumu staciju novietojumā – piemēram, veģetācijas klātbūtni un dinamiku, apbūves intensitāti un izmaiņām, attāluma līdz Baltijas jūrai un Rīgas līcim.

### **Vidējais vēja ātrums**

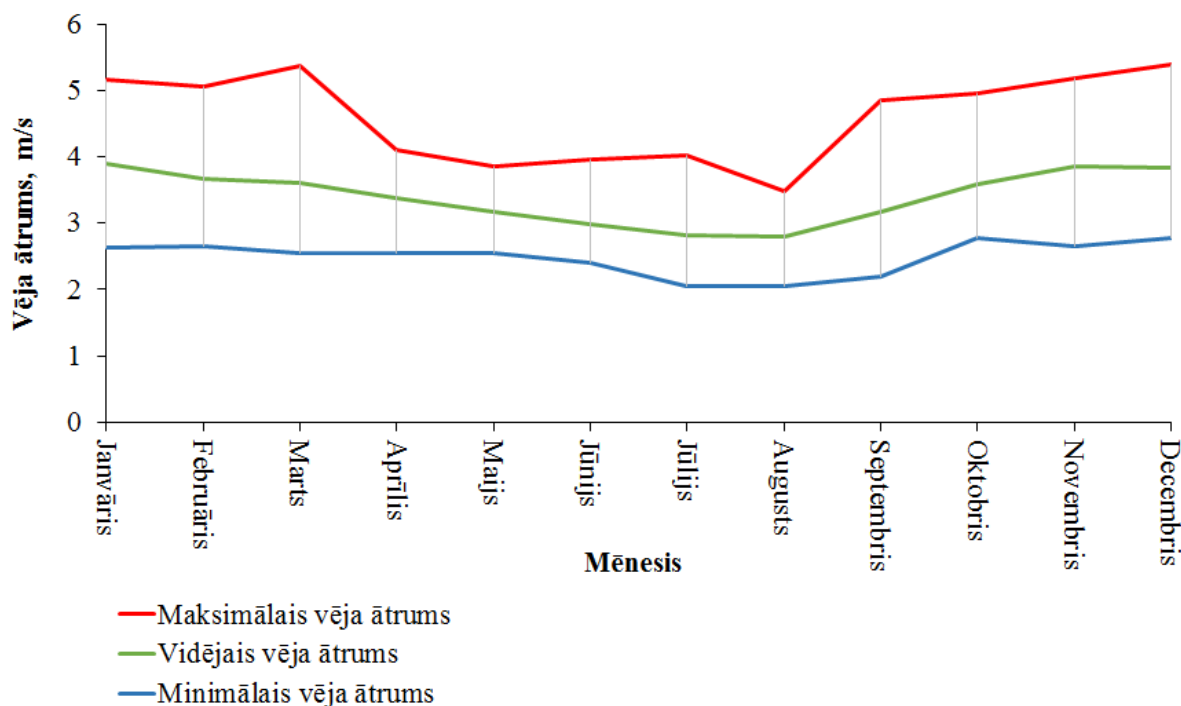
Vidējais vēja ātrums Latvijā ilggadīgajā periodā ir 2,6-4,8 m/s, un tā teritoriālajā izplatībā raksturīgs gan izteikts gradients jūras teritoriju – sauszemes virzienā, gan arī lokālu vēja ātruma minimumu klātbūtne (3.140. attēls).



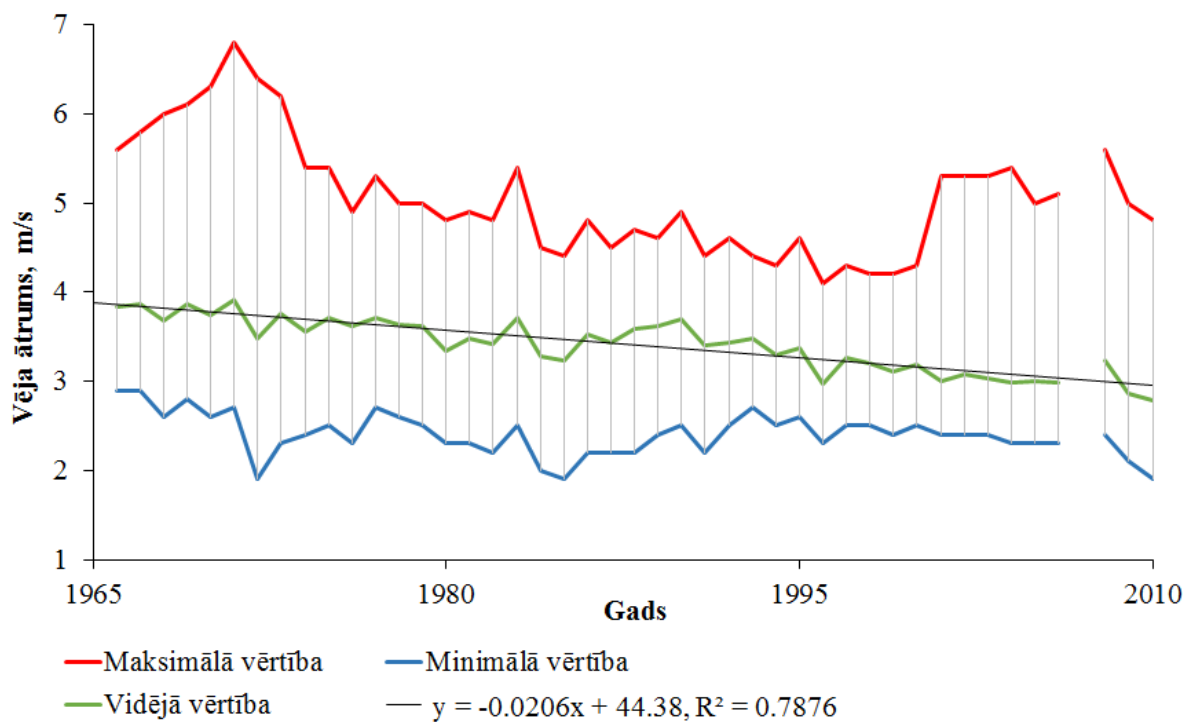
3.140.attēls. Ilggadīgais gada vidējais vēja ātrums (m/s) Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

Vēja ātruma izplatībai Latvijas teritorijā raksturīga arī izteikta sezonālitate: vislētākākie vēji gada laikā pūš vasaras mēnešos, kad vidēji Latvijā vēja ātrums ir vien 2,8 m/s, savukārt rudens un ziemas mēnešiem raksturīgās vētras veicina vidējā vēja ātruma palielināšanos līdz pat vidēji 3,9 m/s (3.141. attēls). Atsevišķos īpaši vējainos gados gada aukstajā periodā vēja ātrums vidēji Latvijā var sasniegt pat 5,9 m/s, savukārt rāmos gados vasaras sezonās nepārsniegt pat 2,1 m/s. Kopumā vislielākā vēja ātruma variabilitāte ir novērojama tieši gada aukstajā pusē (no

septembra līdz martam), kad vēja ātrums ir būtiski atkarīgs no reģionu sasniedzamo ciklonu un vētru biežuma un trajektorijas. Savukārt laika periodā no aprīļa līdz septembrim, kad ciklonu aktivitāte ir mazāka, vēja ātruma vērtībās gadu no gada novērojama ievērojami mazāk izteikta mainība.

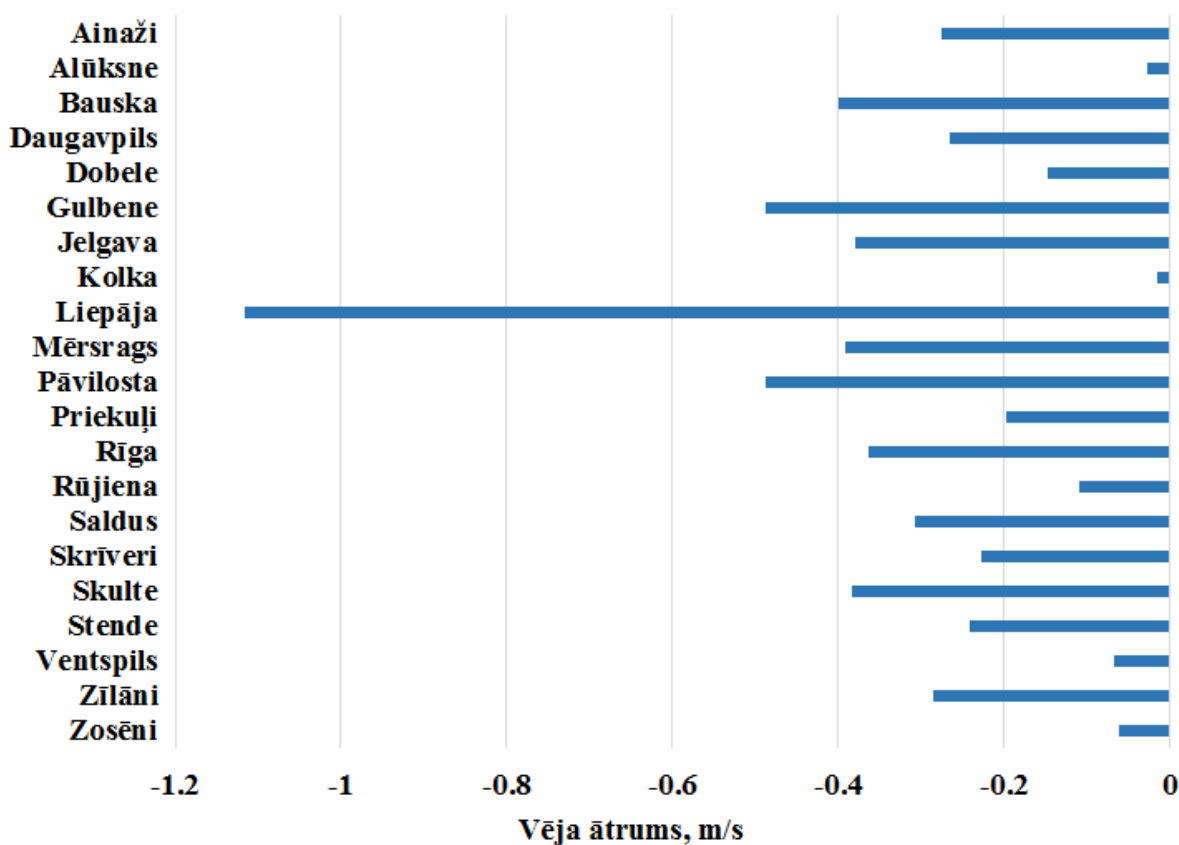


3.141.attēls. Mēnešu vidējais vēja ātrums Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam



3.142.attēls. Vidējā vēja ātruma izmaiņas Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

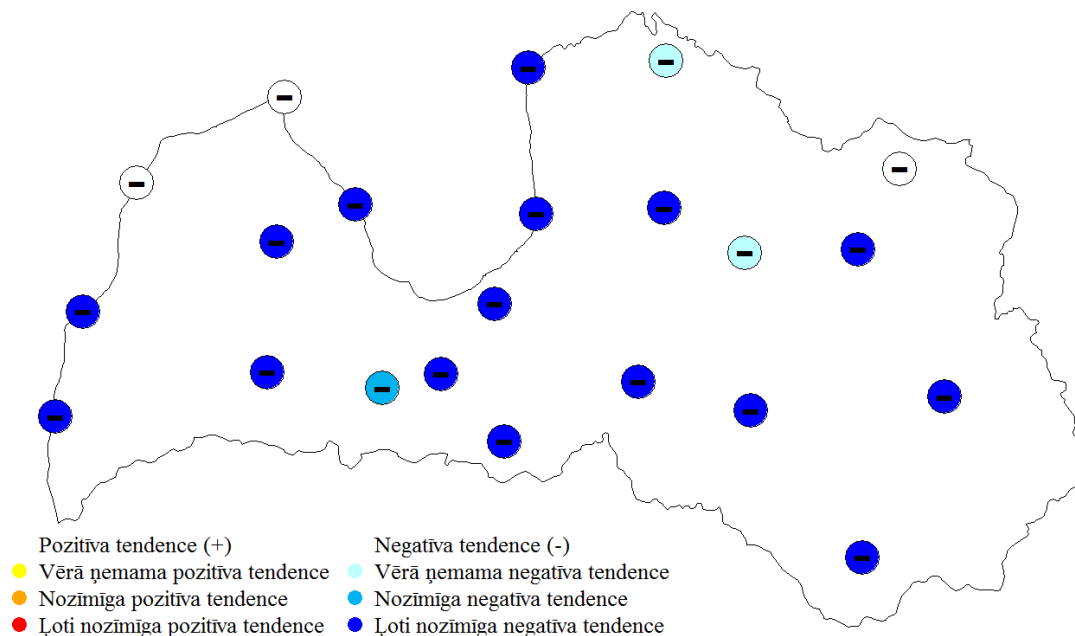
Līdz ar to, ka gada vidējās vēja ātruma vērtības ir cieši saistītas ar rudens un ziemas perioda vētru aktivitāti, arī ilggadīgajā periodā novērota izteikta vēja ātruma mainība gadu no gada, īpaši raugoties uz tā teritoriālo maksimālajām vērtībām (3.142. attēls). Ilggadīgajā laika periodā vidējā vēja ātruma līkne valstī ir lejupejoša, tomēr maksimālajās vidējā vēja ātruma vērtībās novērojami atsevišķi maksimumu periodi perioda sākumā un beigās, kas saistīti arī ar novēroto vētru biežumu un aktivitāti. Salīdzinot ar klimatiskās references periodam pietuvināta perioda (1966.-1995. gads) vērtībām, mūsdienās vidējais vēja ātrums Latvijā ir caurmērā par 0,1-0,4 m/s samazinājies (3.143. attēls). Liepājas meteoroloģisko novērojumu stacijā atšķirības pārsniedz pat 1 m/s apmērus, kas saistīts ar spēcīgajām vētrām, kas īpaši izteikti skāra šo novērojumu staciju apskatītā perioda pirmajos gados.



3.143.attēls. Vidējā vēja ātruma izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un pietuvinātu klimatiskās references periodu (1966.-1995. g.)

Vēja ātruma vērtību ilggadīgo izmaiņu tendenču statistiskā analīze norāda uz vērā ņemamām līdz ļoti būtiskām vēja ātruma samazināšanās tendencēm lielākajā Latvijas teritorijas daļā: tikai trijās (Ventspils, Kolka, Alūksne) no pētījumā iekļautajām 22 meteoroloģisko novērojumu stacijām nav konstatētas būtiskas vēja ātruma izmaiņas (3.144. attēls).





**3.144.attēls. Vidējā vēja ātruma ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam**

Skatot izmaiņas mēnešu griezumā (3.4. tabula), vismazākā un arī mazbūtiskākā vēja ātruma samazināšanās vidēji Latvijā novērota laika periodā no decembra līdz februārim un kopumā ziemas sezonā, savukārt citos gada mēnešos vēja ātrums ir ļoti būtiski samazinājies, turklāt ir par 0,2-0,4 m/s mazāks nekā references periodā. Šāds izmaiņu raksturs varētu liecināt par to, ka novērotā vēja ātruma samazināšanās, iespējams, ir vairāk saistīta ar meteoroloģisko novērojumu staciju apstākļu izmaiņām pieaugošas apbūves un veģetācijas dinamikas ietekmē, tādējādi ietekmējot ikdienas vēja plūsmu. Savukārt attiecībā uz ekstremāliem, piemēram, ziemas un rudens sezonu vētru gadījumiem, meteoroloģisko staciju novietojumam varētu būt mazāka ietekme uz maksimālajām vēja ātruma vērtībām un līdz ar to arī šīs izmaiņas varētu būt mazāk izteiktas.

Sezonu un mēnešu vidējais vēja ātrums, tā izmaiņas attiecībā pret pietuvinātu klimatiskās referenes periodu un ilggadīgo izmaiņu tendences (Manna-Kendala testa vērtības) Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

Laika periods	Vidējais vēja ātrums	Manna-Kendala testa vērtība	Vēja ātruma izmaiņas starp 1966.-1995. g. un 1981.-2010. g. periodiem
<b>Mēnesis</b>			
Janvāris	3,9 m/s	-0,53	-0,1 m/s
Februāris	3,7 m/s	-2,35	-0,2 m/s
Marts	3,6 m/s	-3,35	-0,4 m/s
Aprīlis	3,4 m/s	-4,96	-0,4 m/s
Maijs	3,2 m/s	-5,00	-0,3 m/s
Jūnijs	3,0 m/s	-4,39	-0,3 m/s
Jūlijs	2,8 m/s	-4,58	-0,3 m/s
Augusts	2,8 m/s	-3,59	-0,2 m/s
Septembris	3,2 m/s	-3,87	-0,4 m/s
Oktobris	3,6 m/s	-4,48	-0,4 m/s
Novembris	3,9 m/s	-4,46	-0,4 m/s
Decembris	3,8 m/s	-2,28	-0,3 m/s
<b>Sezona</b>			
Ziema	3,8 m/s	-2,16	-0,2 m/s
Pavasaris	3,4 m/s	-5,84	-0,4 m/s
Vasara	2,9 m/s	-6,41	-0,3 m/s
Rudens	3,6 m/s	-6,44	-0,4 m/s

Vērā ņemama negatīva tendence

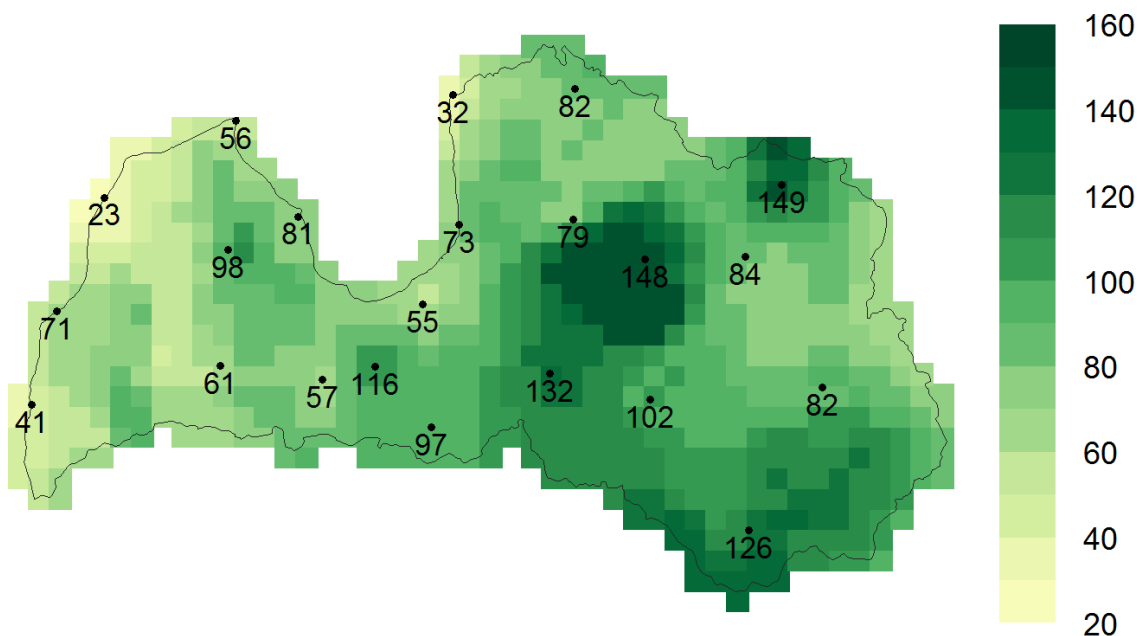
Būtiska negatīva tendence

Ļoti būtiska negatīva tendence

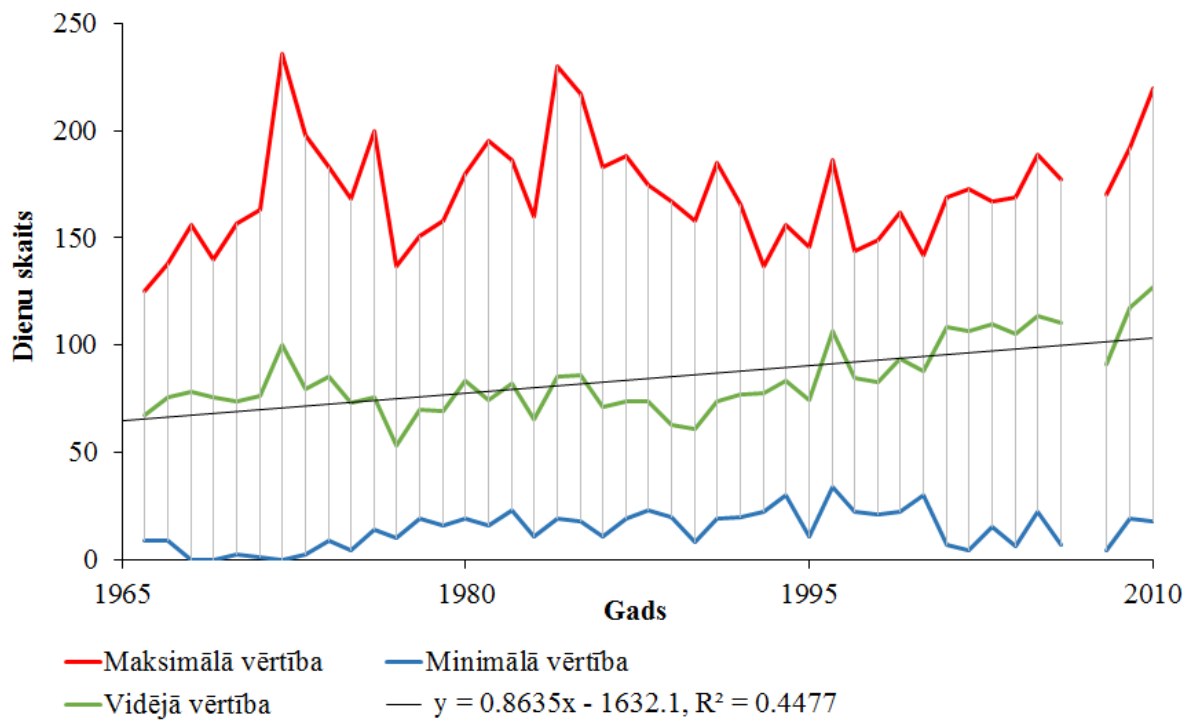
### **Bezvēja dienas**

Pētījuma ietvaros tika apzināts to dienu skaits gadā, kad diennakts vidējais vēja ātrums nepārsniedz 2 m/s – šie uzskatāmi par bezvēja apstākļiem. Bezvēja apstākļiem raksturīga liela vēja virzienu mainība, kā arī tie saistāmi ar paaugstināta mitruma vai aerosolu daļiņu koncentrēšanos atmosfēras piezemes slānī, kā gaisa temperatūras diennakts svārstību apmēriem. Kopumā Latvijā apskatītajā ~50 gadu periodā vidēji gadā novērojamas 23 līdz 149 bezvēja dienas (3.145. attēls). Teritoriāli vismazākais bezvēja dienu skaits novērojams piekrastes teritorijās, savukārt vislielākais – valsts austrumos, īpaši augstieņu apgabalos, kur pat vairāk nekā trešdaļa dienu gadā var tikt klasificētas kā bezvēja dienas. Bezvēja dienu skaits vidēji Latvijā gadu no gada svārstās 53-127 dienu robežās, un līdz šim visvairāk bezvēja dienu konstatēts 2010. gadā, savukārt vismazāk – 1977. gadā (3.146. attēls). Raksturīgs, ik gadu kādā no piekrastes meteoroloģisko novērojumu stacijām bezvēja dienu skaits nepārsniedz 1-34 dienas gadā, bet 1968. gadā Ainažos un 1969. un 1972. gadā Liepājā neviena diena gadā laikā

nav atbildusi bezvēja dienu izdalīšanas kritērijam. Savukārt vislielākais bezvēja dienu skaits valstī konstatēts 1972. gadā Alūksnē, kur tas sasniedzis 236 dienas.

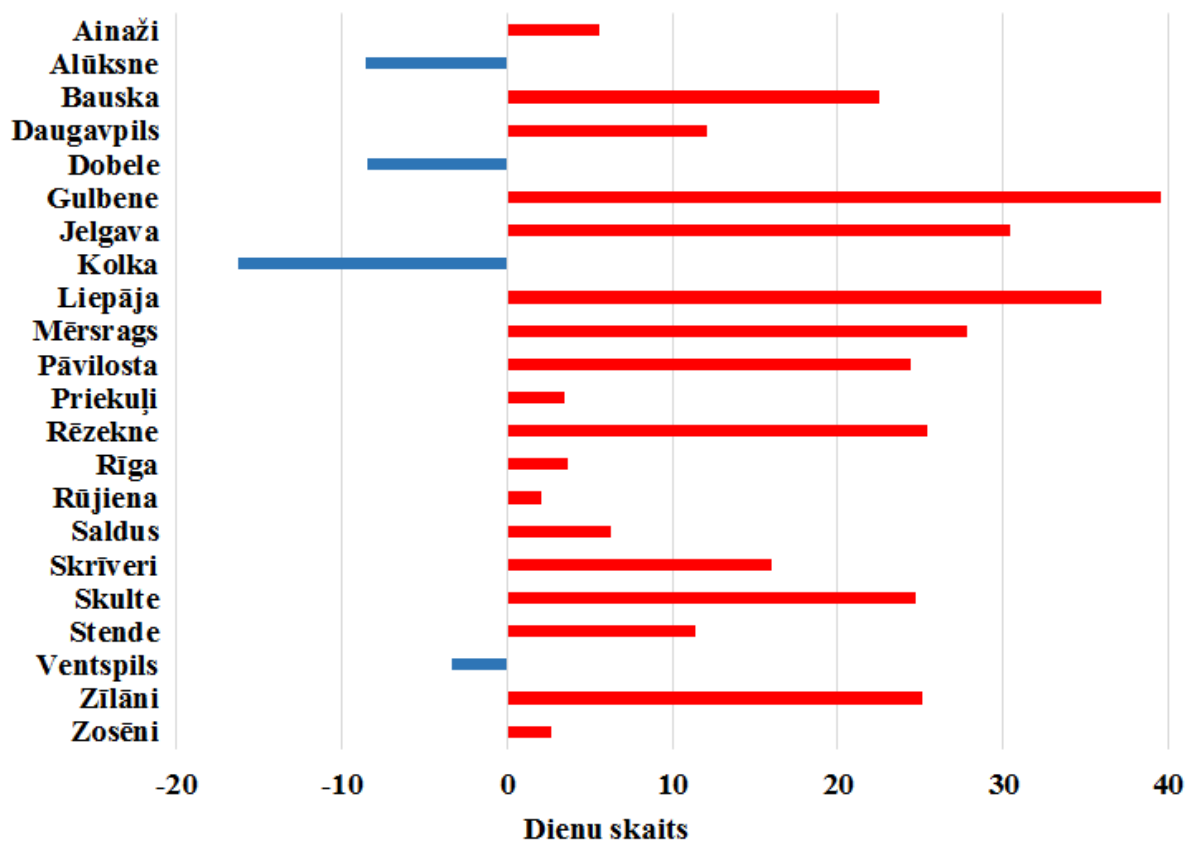


3.145.attēls. Ilggadīgais vidējais bezvēja dienu skaits gada laikā Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

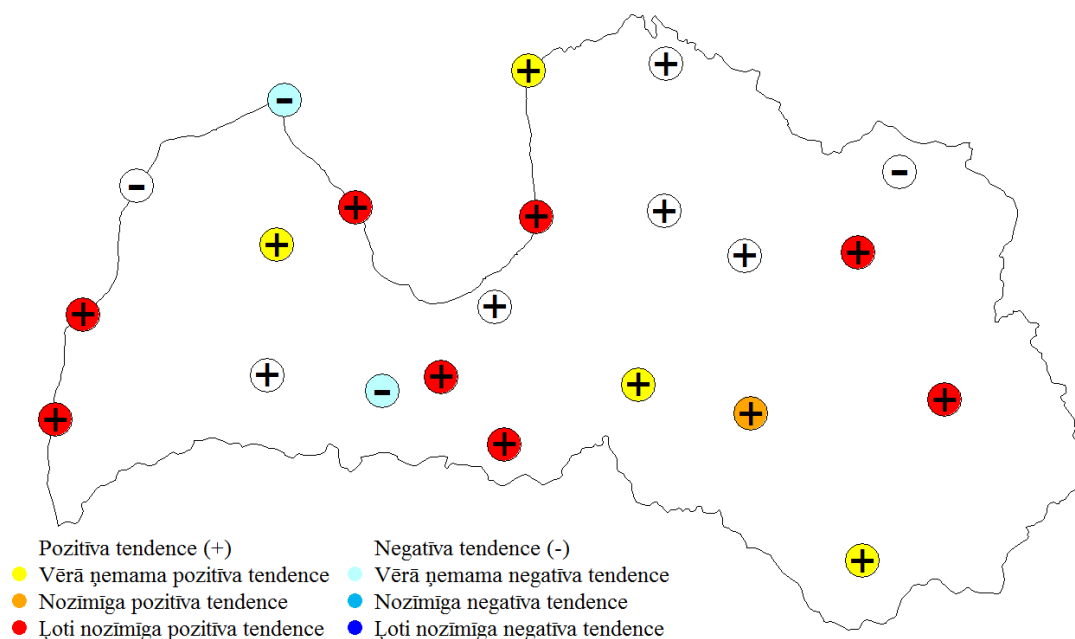


3.146.attēls. Bezvēja dienu skaits Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

Salīdzinot ar references perioda vērtībām, bezvēja dienu skaits caurmērā Latvijā mūsdienās ir lielāks, atsevišķās meteoroloģisko novērojumu stacijās sasniedzot pieaugumu pat par 10 – 40 dienām (3.147. attēls). Tomēr Alūksnē, Dobelē, Kolkā un Ventspilī bezvēja dienu skaits ir nedaudz samazinājies. Bezvēja dienu skaita ilggadīgo izmaiņu tendenču analīze norāda, ka ilggadīgajā laika periodā lielākajā valsts teritorijas daļā bezvēja dienu skaits ir statistiski vērā ņemami līdz būtiski palielinājies, bet tajā pašā laikā Kolkas un Dobeles meteoroloģisko novērojumu stacijās konstatētas vērā ņemamas bezvēja dienu skaita samazināšanās tendences (3.148. attēls).



3.147.attēls. Bezvēja dienu skaita izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un pietuvinātu klimatiskās references periodu (1966.-1995. g.)



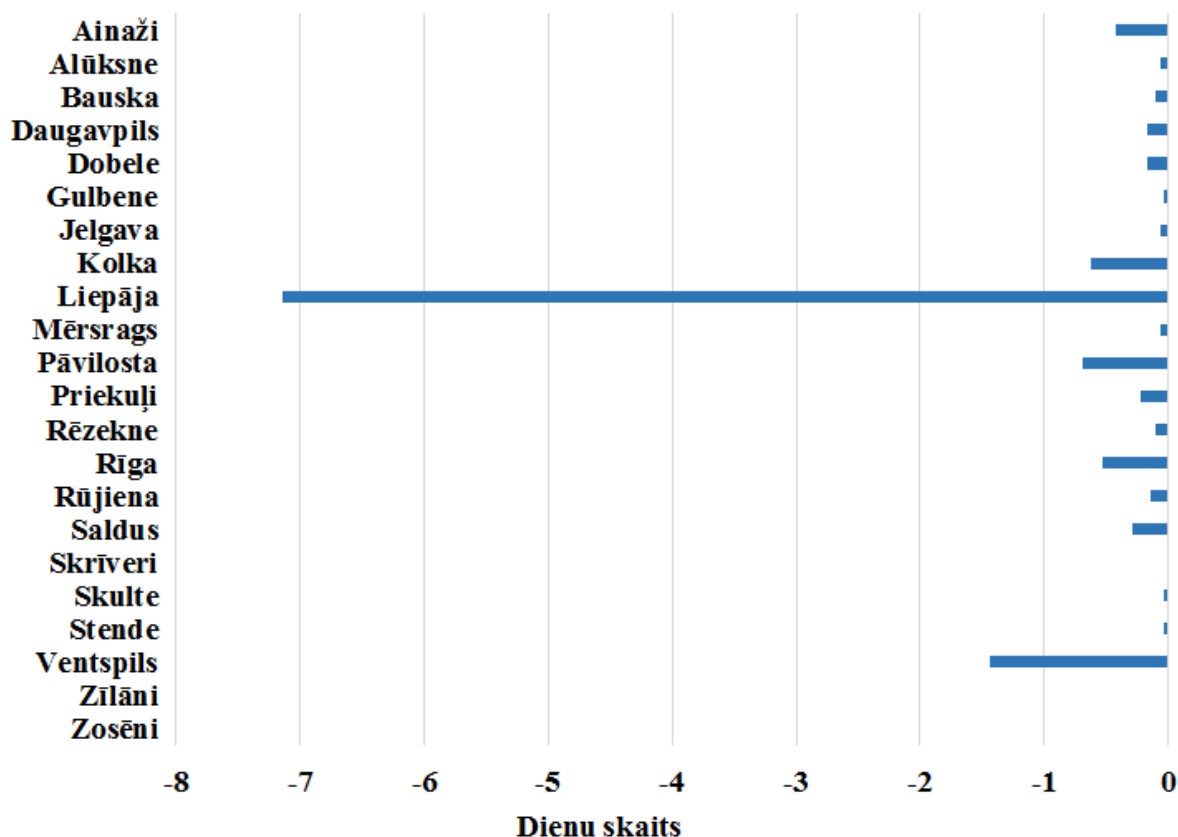
3.148.attēls. **Bezvēja dienu skaita ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam**

### **Vētrainas dienas**

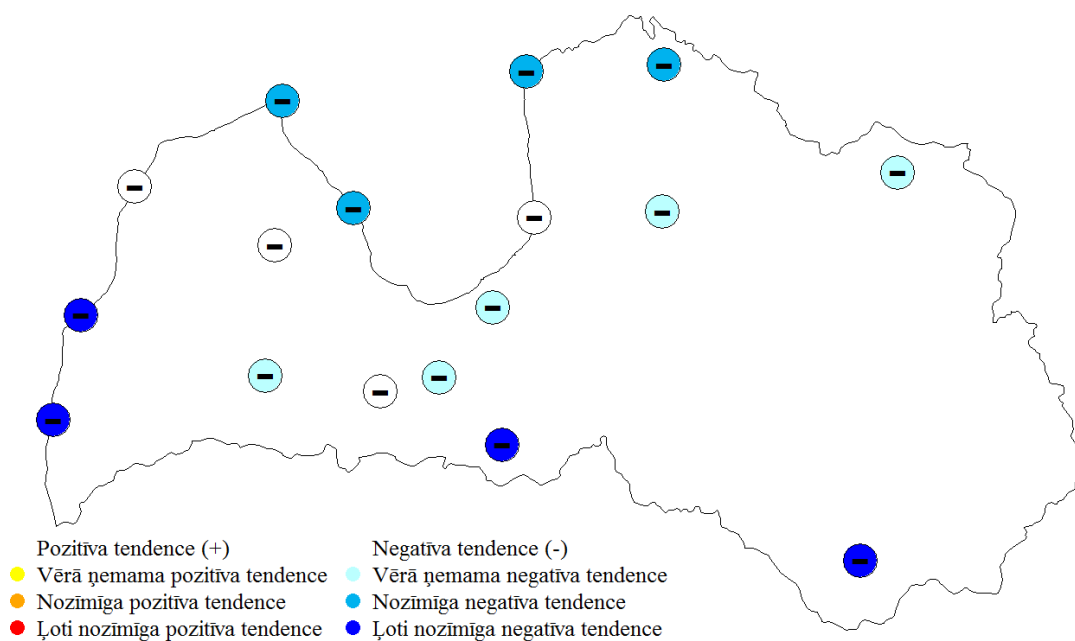
Par vētrainām uzskatāmas tās dienas, kad diennakts vidējais vēja ātrums sasniedz vismaz 10,8 m/s, kas atbilst 6. vēja ātruma klasei pēc Boforta skalas. Apstākļi, kad Latvijas teritorijā novērojamas vētrainas dienas, ir salīdzinoši reti, un līdz ar to vidēji vētrainu dienu skaits valstī svārstās no 0-1 dienai gadā teritorijas lielākajā daļā līdz 6,9 un 7,9 dienām gadā jūras piekrastes tiešā tuvumā novietotajās Ventspils un Liepājas meteoroloģisko novērojumu stacijās (3.149. attēls). Apskatītajā periodā 9 no pētījumā iekļautajām 22 meteoroloģisko novērojumu stacijām novērota tikai 1 vētraina diena, savukārt Skrīveru un Zosēnu novērojumu stacijās ne reizi nav novērota diena, kas atbilst vētrainas dienas definīcijai. Ilggadīgajā laika periodā novēroti vairāki gadi, kad gada laikā Latvijas teritorijā novērota tikai 1 vētraina diena – tā tas bijis 1994.-1996., kā arī 1998. gadā (3.150. attēls). Savukārt vislielākais vētrainu dienu skaits Latvijā novērots laika periodā no 1967. līdz 1973. gadam, kad 1971. gadā tas Liepājā sasniedzis pat 36 dienas. Lai gan pēc šī maksimuma perioda vētrainu dienu skaits valstī ir izteikti samazinājies, 21. gadsimta pirmā dekādē iezīmē vētrainu dienu skaita palielināšanos, sešos gados kādā no meteoroloģisko novērojumu stacijām jau atkal sasniedzot 11-17 dienas gadā.



Pāvilostas, Liepājas, Bauskas un Daugavpils meteoroloģisko novērojumu stacijās (3.152. attēls).



3.151.attēls. Vētrainu dienu skaita izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un pietuvinātu klimatiskās referenču periodu (1966.-1995. g.)



3.152.attēls. Vētrainu dienu skaita ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

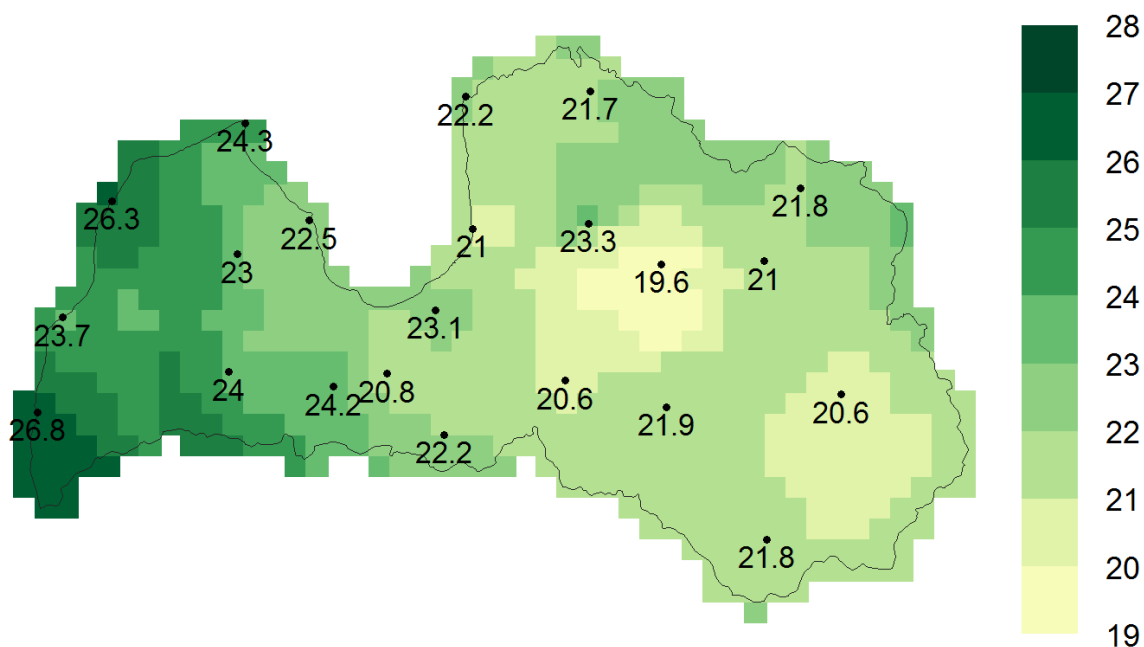
## **Maksimālās vēja brāzmas**

Vēja brāzmas ir parametrs, kas raksturo īslaicīgus vēja ātruma maksimumus, un to diennakts maksimālās vērtības ir saistītas ar visspēcīgāko diennakts laikā novēroto vēja ātrumu, kam vairumā gadījumu ir ievērojami postošāka ietekme kā vidējā vēja spēkam. Atšķirībā no vidējā vēja ātruma maksimālajām vērtībām, augstas maksimālo vēja brāzmu vērtības var būt saistītas ne tikai ar rudens un ziemas perioda vētrām, bet arī ar vasaras konvektīvajiem procesiem, kad spēcīgas un krasas vēja brāzmas var tikt novērotas pērkona negaisu laikā. Tomēr negaisu laikā novērotās krasās vēja brāzmas parasti tiek novērotas ļoti lokāli, kā arī meteoroloģisko novērojumu stacijas neskar bieži.

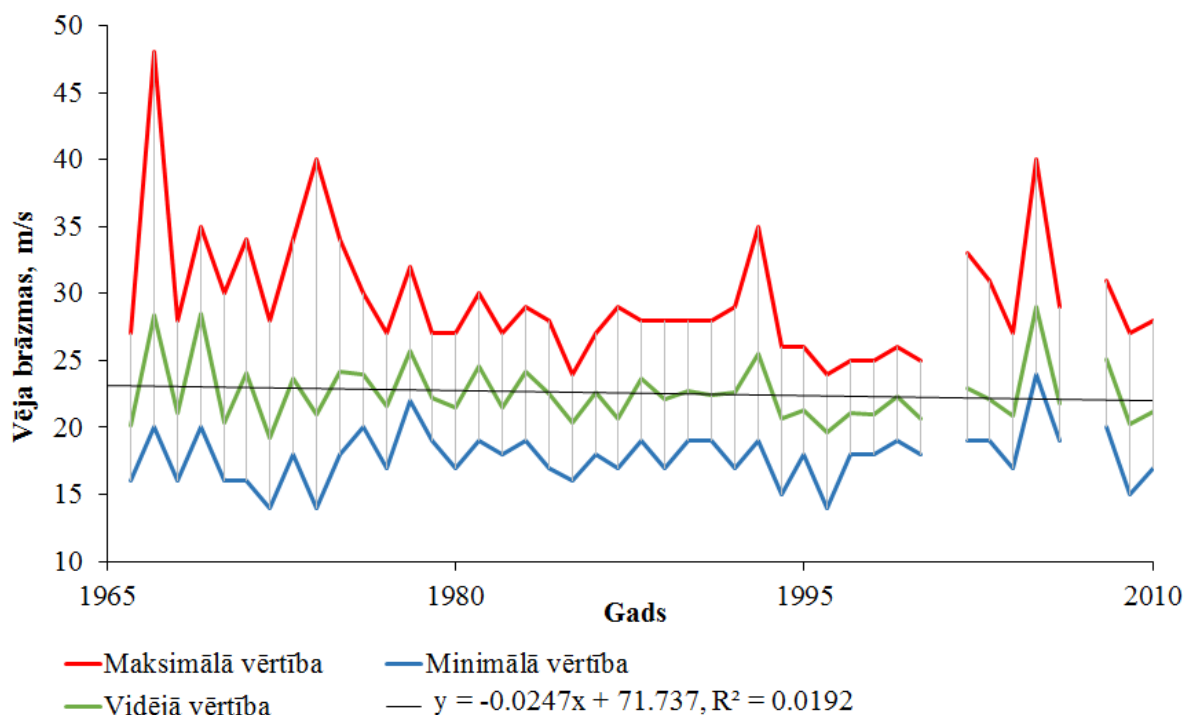
Latvijā vidēji gada laikā maksimālo vēja brāzmu spēks sasniedz 20-23 m/s valsts austrumu un centrālajā daļā, savukārt valsts rietumu daļā brāzmu spēks sasniedz vidēji 24-27 m/s (3.153. attēls). Vidēji Latvijā maksimālo vēja brāzmu stiprums gadu no gada svārstās 19-29 m/s robežās, bet visos apskatītajos gados visās meteoroloģisko novērojumu stacijās ir bijis vismaz 14-24 m/s liels (3.154. attēls). Līdz šim gads ar vismazāko maksimālo vēja brāzmu spēku ir bijis 1996. gads, kad gan vidēji Latvijā maksimālās vēja brāzmas bijušas vien 19 m/s, gan arī atsevišķās novērojumu stacijās nav pārsniedzis 14-24 m/s. Šis, kā arī 1985. gads bijuši vienīgie gadi apskatītajā periodā, kad nevienā meteoroloģisko novērojumu stacijā vēja brāzmas gada laikā nav sasniegušas 25 m/s, kas pēc Valsts ugunsdzēsības un glābšanas dienesta izstrādātās definēto laika parādību klasifikācijas Latvijā atbilst stipras vētras apstākļiem (LVĢMC, 2016). Savukārt vidēji valstī visspēcīgākās vēja brāzmas novērotas 1967., 1969. un 2005. gadā, kad novērotas līdz šim spēcīgākās valstī piedzīvotās vētras. Līdz šim visspēcīgākā bijusi 1967. gada 17.-18. oktobra vētra. Šai vētrai bija raksturīgs liels vēja brāzmu maksimālā ātruma diapazons. Liepājā 18. oktobrī tika reģistrēts līdz šim vislielākais Latvijā novērotais vēja brāzmu ātrums – 48 m/s. 40 m/s stipras brāzmas bija arī Rucavā un Bauskā, bet Kolkā, Mērsragā un Rīgā maksimālās vēja brāzmas šīs vētras laikā sasniedza tikai 20 m/s. Otra spēcīgākā vētra Latvijā novērota 1969. gada 1.- 4. novembrī. Arī šai vētrai bija raksturīgs liels vēja brāzmu maksimālā ātruma sadalījums, bet maksimālā vēja brāzmu ātruma novērošanas vieta bija neparasta: tā bija Daugavpils, kur vēja brāzmas sasniedza 44 m/s (LVĢMC, 2013). 40 m/s stipras vēja brāzmas tika sasniegtas Ainažos, bet vismazākais maksimālo vēja brāzmu ātrums bija 20 m/s, kas novērots Rūjienā, Alūksnē, Gulbenē un Zosēnos. Savukārt trešā spēcīgākā vētra Latvijā novērota jau 21. gadsimta sākumā – 2005. gada 8.-9. janvārī. Šīs vētras laikā maksimālās vēja brāzmas Latvijas lielākajā daļā bija 30 m/s un vairāk, vislielāko ātrumu – 40 m/s – sasniedzot Ventspilī. Pat vismazākais vēja brāzmu ātrums – 24 m/s – atbilda vētras spēkam (LVĢMC, 2016), un tika reģistrēts atsevišķās vietās Latvijas austrumu daļā – Alūksnē, Gulbenē,



Rēzeknē un Zīlānos. Tomēr arī ārpus šo īpaši spēcīgo vētru skartajiem periodiem ik gadu Latvijā kādā vietā vēja brāzmu ātrums sasniedz 25-40 m/s.

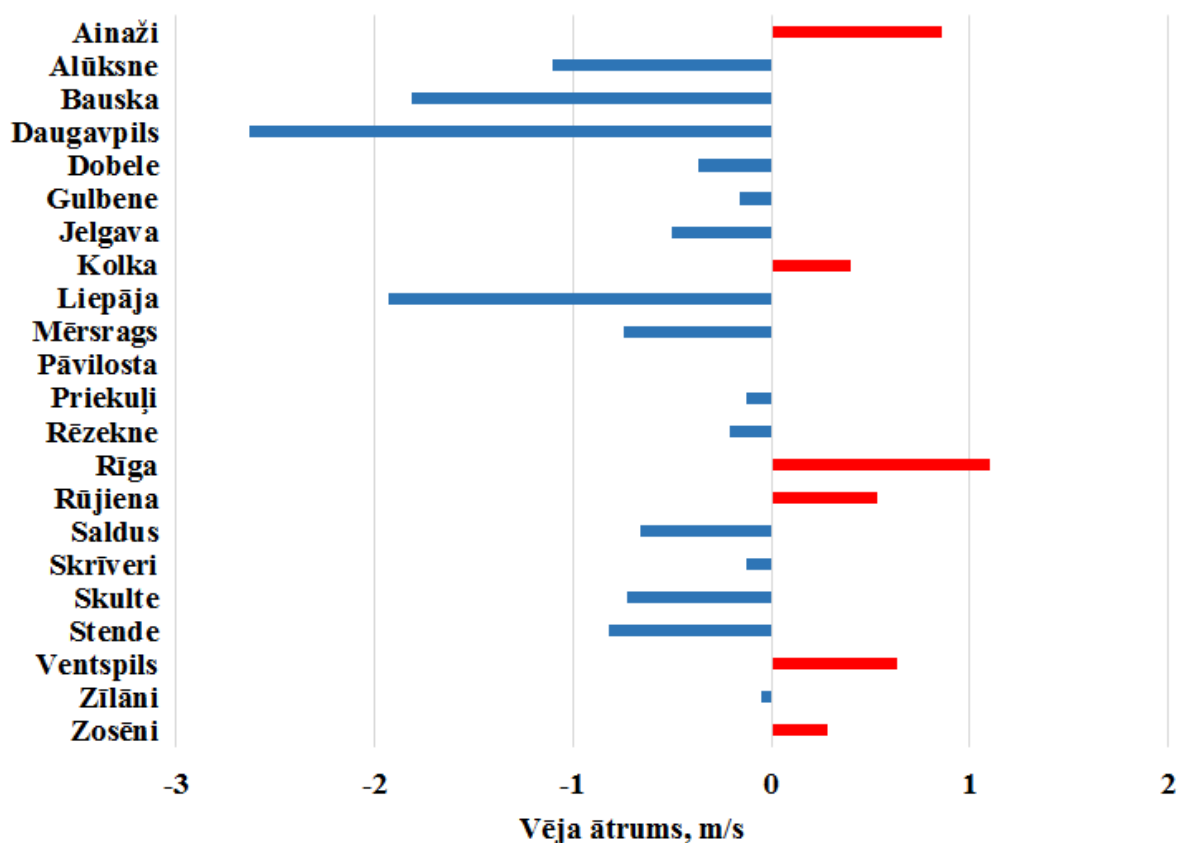


3.153.attēls. Ilggadīgās gada vidējās maksimālās vēja brāzmas (m/s) Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

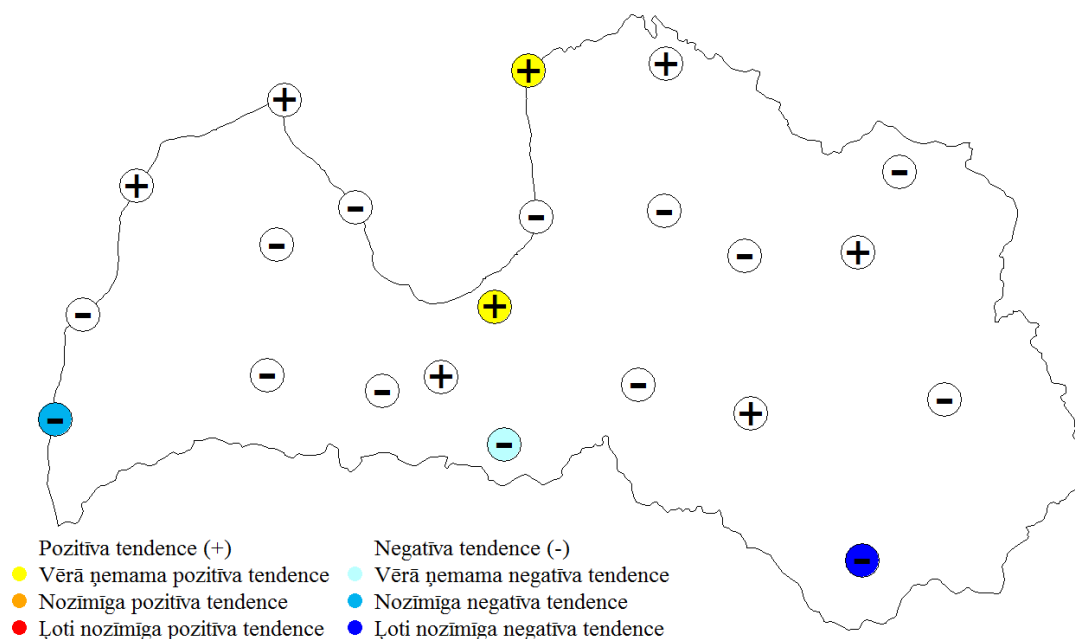


3.154.attēls. Maksimālās vēja brāzmas Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

Salīdzinot ar references perioda vērtībām, maksimālo vēja brāzmu stiprums mūsdienās pārsvarā ir nedaudz samazinājies, tomēr tikai Liepājas, Daugavpils, Bauskas un Alūksnes meteoroloģisko novērojumu stacijās šīs atšķirības pārsniedz 1m/s robežas (3.155. attēls). Tajā pašā laikā Ainažu un Rīgas meteoroloģisko novērojumu stacijās maksimālās vēja brāzmas mūsdienās ir par 0,8-1,1 m/s stiprākas nekā references periodā. Ilggadīgo izmaiņu tendenču analīze noraida būtisku maksimālo vēja brāzmu stipruma izmaiņu klātbūtni valsts lielākajā daļā (3.156. attēls), tomēr apstiprina vērā ņemamu līdz ļoti būtisku maksimālo vēja brāzmu stipruma samazināšanos galējos valsts dienvidu rajonos – Liepājā, Bauskā un Daugavpilī. Savukārt Ainažu un Rīgas novērojumu stacijās novērota vērā ņemama vēja brāzmu stipruma palielināšanās, kas varētu būt saistīta ar vētru trajektoriju izmaiņām apskatītajā laika periodā.



3.155.attēls. Maksimālo vēja brāzmu izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un pietuvinātu klimatiskās references periodu (1966.-1995. g.)

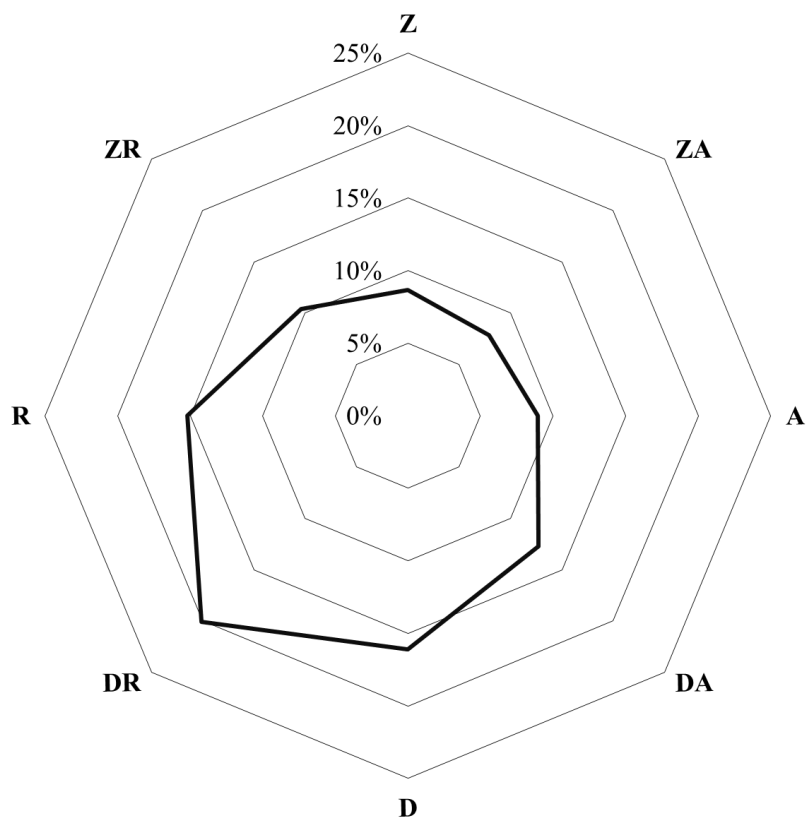


3.156.attēls. Maksimālo vēja brāzmu ilggadīgo izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

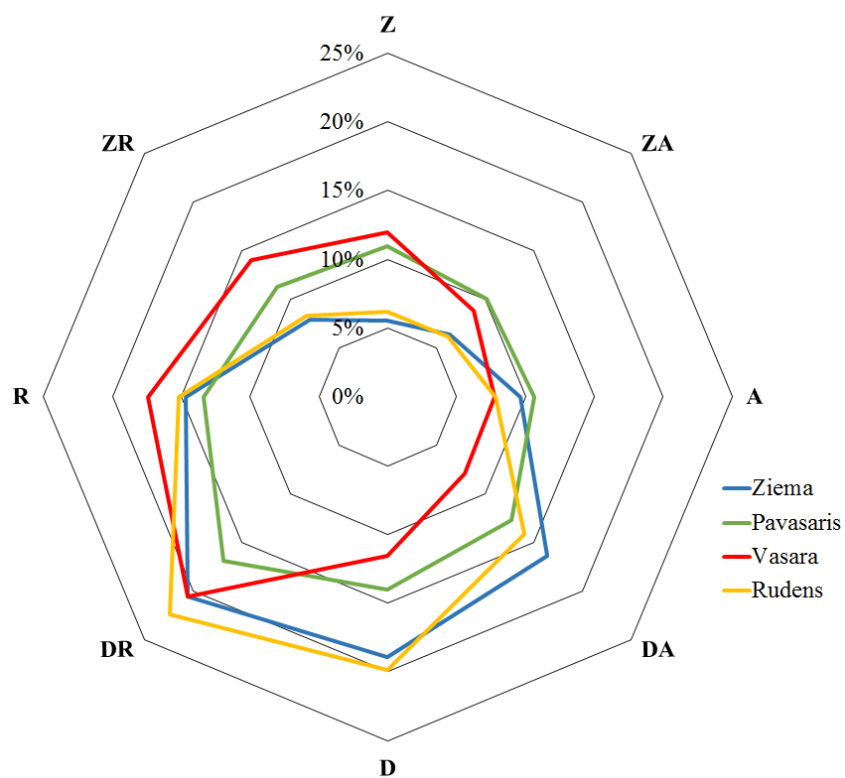
### 3.3.2. Vēja virziena izmaiņas Latvijā

Nozīmīgs faktors, kas ietekmē ne tikai vēja ātrumu, bet arī tā radītās ietekmes, ir vēja virziens. Šī pētījuma ietvaros tika izmantoti meteoroloģisko novērojumu termiņos iegūti vēja virziena mērījumi, kas, apvienojumā ar vēja ātruma raksturlielumiem, tika apkopoti diennakts dominējošā vēja virziena un vēja virziena pie maksimālā vidējā vēja ātruma parametru veidā. Diennakts dominējošais vēja virziens raksturo diennakts laikā dominējošo vēja virzienu, kā tā ietekmējošo faktoru izmantojot vēja ātruma vektoriālo vērtību – tādējādi tiek iegūts parametrs, kas raksturo vēja lauku visas diennakts laikā. Savukārt vēja virziens pie maksimālā vēja ātruma raksturo konkrētu brīdi diennakts laikā, kad novērots visspēcīgākais vējš – ar šī parametra palīdzību iespējams novērtēt, kādā virzienā ilggadīgajā periodā pūš vispostošākie vēji.

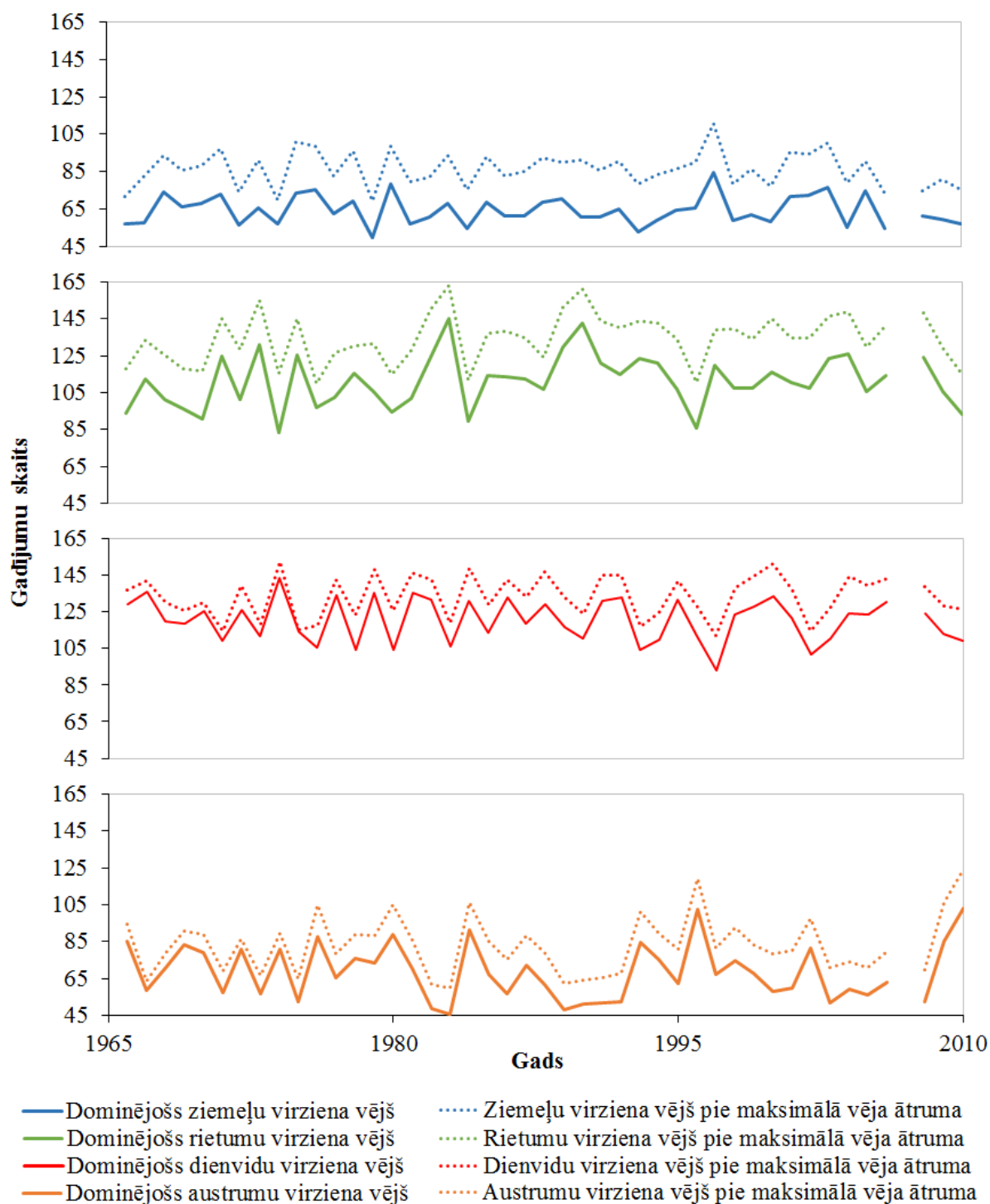
Liela mēroga atmosfēras cirkulācijas laukā virs reģiona valdot rietumu-austrumu gaisa masu pārnese plūsmām, Latvijā ilggadīgajā laika periodā dominē rietumu, dienvidrietumu un dienvidu puses vēji, pūšot kopumā aptuveni pusē no apskatīto gadījumu skaita (3.157. attēls). Savukārt visretāk tiek novēroti ziemeļu, ziemeļaustrumu un austrumu puses vēji. Skatot dominējošo vēja virzienu sadalījumu pa sezonām, var identificēt sekojošas iezīmes: rudens un ziemas sezonās vairāk nekā pusē gadījumu tiek novērots dienvidrietumu, dienvidu un dienvidaustrumu puses vējš, savukārt pavasarī un vasarā valdošie vēji vairāk iegriežas no dienvidrietumiem, rietumiem (3.158. attēls).



3.157.attēls. Dominējošais vēja virziens (% no kopējā gadījumu skaita) Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam



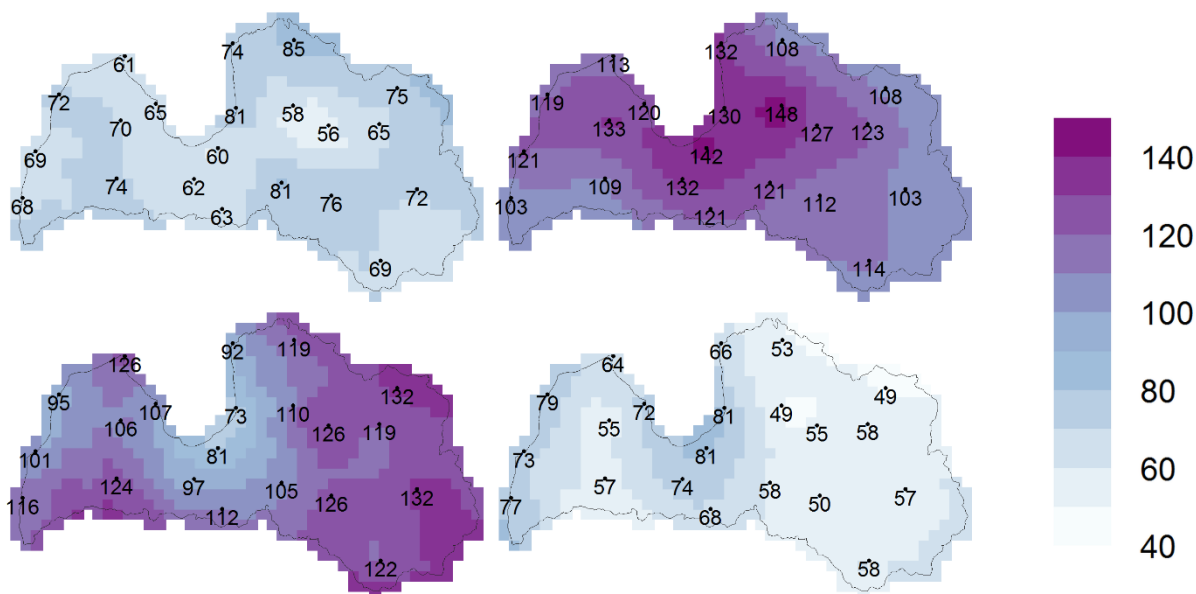
3.158.attēls. Sezonu dominējošais vēja virziens (% no kopējā gadījumu skaita) Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam



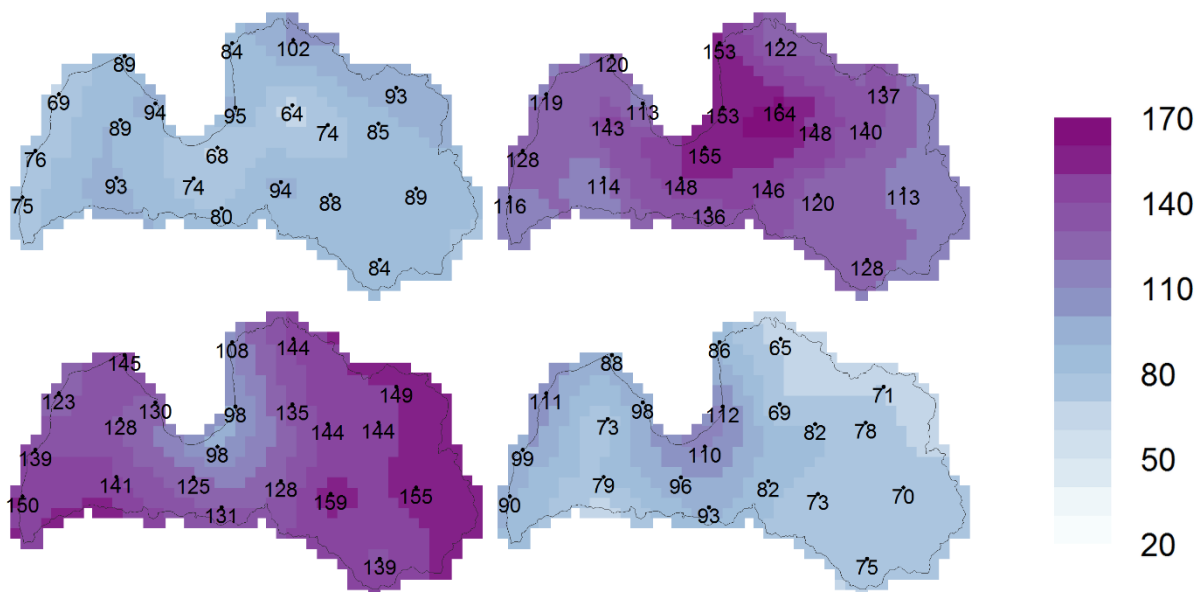
3.159.attēls. Vēja virziena raksturlielumu izmaiņas Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

Ilggadīgajā periodā svārstības novērotas ne tikai vēja ātruma raksturlielumu vērtībās, bet arī valdošajā vēja virzienā. Ja dienvidu un ziemeļu virziena vējiem apskatītajā periodā bijušas raksturīgas nelielas svārstības to novērojumu biežumā, tad zonālās vēja virzienu komponentes laika gaitā piedzīvojušas gan izteiktākas svārstības, gan arī periodiskas izmaiņas (3.159. attēls). Piemēram, apskatītā perioda vidusdaļā – starp 1980. un 1990. gadu – novērojams austrumu

virziena vēju atkārtotāšanās biežuma samazinājums, savukārt rietumu virziena vēju dinamikā visa perioda gaitā vērojama viegla augšupejoša tendence.



**3.160.attēls. Ilggadīgais vidējais dienu skaits ar dominējošu A, D (augšējā rinda), R un Z (apakšējā rinda) virziena vēju Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam**



**3.161.attēls. Ilggadīgais vidējais gadījumu skaits, kad diennakts maksimālais vēja ātrums novērots pie A, D (augšējā rinda), R un Z (apakšējā rinda) virziena vēja Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam**

Teritoriāli Latvijā visizteiktāk iezīmējas dienvidu puses vēja izplatība (3.160. attēls) – šī virziena vējš kopumā valstī ilggadīgajā periodā ticis novērots visbiežāk – 103 līdz 148 dienas gadā – un tā maksimālā atkārtotamības izplatība aptver valsts centrālo daļu. Otrs izplatītākais vēja virziens Latvijā ir rietumu puses vējš (73-132 dienas gadā), kas biežāk novērojams

Kurzemes centrālajā daļā un valsts austrumos. Savukārt dominējoši austrumu un ziemeļu vēji valstī novērojami ievērojami retāk, un to novērojumu biežums gada laikā pārsvarā nepārsniedz 50-85 dienas. Zīmīgi, ka noturīgam ziemeļu puses vējam vairāk pakļautas piekrastes teritorijas, īpaši Rīgas līča dienvidu piekraste. Salīdzinot dominējošā vēja virzienu izplatību ar gadījumu skaitu, kad attiecīgais vēja virziens tiek novērotas pie maksimālā vēja ātruma, var redzēt līdzīgas teritoriālās izplatības iezīmes (3.161. attēls), tomēr atsevišķos gadījumos, piemēram, pie rietumu puses vēja, novērojamas mazāk izteiktas teritoriālas atšķirības gadījumu biežumā. Tajā pašā laikā ievērojami palielinās teritoriālās izplatības kontrasts ziemeļu un austrumu vēja novērojumiem pie maksimālā vēja ātruma.

3.5. tabula

Vēja virziena rādītāju ilggadīgo izmaiņu tendences (Manna-Kendala testa vērtības) Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam

Meteoroloģisko novērojumu stacija	Dominējošais vēja virziens				Vēja virziens pie maksimālā vēja ātruma			
	A	D	R	Z	A	D	R	Z
Ainaži	-0,28	-1,12	0,85	0,19	0,52	0,14	1,03	-2,55
Alūksne	-1,03	-2,05	1,10	1,92	0,41	0,63	1,48	1,08
Bauska	-1,69	0,15	0,21	1,47	-0,09	1,65	0,42	2,10
Daugavpils	-0,77	1,16	-1,77	2,28	-0,07	1,54	-0,51	3,16
Dobele	-0,75	0,71	-0,58	0,27	0,18	-0,08	-0,58	0,93
Gulbene	-0,31	-1,28	1,46	-1,27	1,35	0,37	1,68	-1,18
Jelgava	-2,55	0,87	1,45	0,05	-0,69	2,59	1,64	1,12
Kolka	-1,02	-2,37	1,98	-0,17	-0,40	-2,97	1,72	0,79
Liepāja	-1,13	-0,02	0,19	-0,02	-0,03	1,31	1,55	-0,25
Mērsrags	0,28	-1,43	1,96	-2,23	2,01	-2,35	1,19	-0,62
Pāvilosta	-0,41	1,07	1,62	-3,39	0,72	3,00	3,08	-2,76
Priekulji	-0,73	0,51	0,12	-0,84	-0,80	1,36	1,21	-0,57
Rēzekne	-0,69	-1,72	1,27	-0,56	-0,03	-0,51	1,52	0,60
Rīga	-0,01	-0,88	1,49	-1,44	1,16	-2,20	3,57	-0,94
Rūjiena	0,54	-1,08	0,85	-1,93	1,09	0,09	-0,59	-2,39
Saldus	-1,49	-0,49	2,11	-0,17	0,16	-0,48	2,46	1,33
Skrīveri	-1,27	-0,48	0,83	-0,33	0,10	3,07	1,38	-0,39
Skulte	0,39	-0,31	-0,90	0,05	2,39	0,96	0,72	-0,72
Stende	-0,83	-0,68	0,82	0,49	0,63	0,83	-0,20	0,89
Ventspils	-0,07	0,86	-0,01	-2,04	0,53	2,85	-2,56	-1,29
Zilani	-0,84	-2,75	2,39	-0,30	0,80	-1,45	2,62	-0,65
Zosēni	0,73	-3,04	3,17	-2,06	0,99	-1,70	2,88	-1,67
Vidēji Latvijā	-0,76	-1,17	1,23	-0,44	0,24	0,36	1,68	-0,61

Vērā ņemama negatīva tendence	Vērā ņemama pozitīva tendence
Būtiska negatīva tendence	Būtiska pozitīva tendence
Ļoti būtiska negatīva tendence	Ļoti būtiska pozitīva tendence

3.5. tabulā apkopota informācija par ilggadīgajām vēja virziena rādītāju izmaiņām Latvijas meteoroloģisko novērojumu stacijās. Ilggadīgo izmaiņu tendenču analīze liecina, ka

apskatītajā laika periodā vietām Latvijā nozīmīgi mainījies dominējošo vēja virzienu gadījumu skaita sadalījums, kas visplašāk skāris rietumu un ziemeļu virziena vējus. Teritoriāli kopumā 11 meteoroloģisko novērojumu stacijās novērota dominējoša austrumu, dienvidu un ziemeļu vēja novērojumu biežuma samazināšanās, savukārt 8 novērojumu stacijās palielinājies rietumu un ziemeļu vēja novērojumu biežums. Jāmin, ka izmaiņas viena vēja virziena atkārtojamībā – bieži vien ir bijušas saistītas ar nozīmīgām izmaiņām kāda cita vēja virziena atkārtojamībā – piemēram, Mērsragā un Pāvilstā pieaugošais rietumu vēja īpatsvars, iespējams, ir saistīts ar ziemeļu vēja novērojumu biežuma samazināšanos, savukārt Zīlānos – ar retāk novērotu dienvidu virziena vēju. Attiecībā uz vēja virzienu maksimālā vēja ātruma brīdī, novērotās izmaiņas ir pretējas – teritoriāli dominē novērojumu stacijas (kopumā 14), kurās novērots visu vēja virzienu gadījumu skaita pieaugums. Īpaši izteiktas pieauguma tendences ir gadījumu skaitam, kad maksimālais vēja ātrums tiek novērots pie rietumu puses vēja – šādu gadījumu īpatsvars statistiski vērā ņemami līdz būtiski ir palielinājies 8 meteoroloģisko novērojumu stacijās, kā arī kopumā Latvijā, turklāt Rīgā šīs izmaiņas ir bijušas pat statistiski ļoti būtiskas. Tātad pēc šīs ilggadīgo izmaiņu tendenču analīzes var secināt, ka pieaug ne tikai dominējoša rietumu virziena vēja novērojumu biežums, bet arī to gadījumu skaits, kad šī virziena vējš bijis saistīts ar diennakts maksimālo vēja ātrumu. Turklāt novērotās rietumu vēja īpatsvara palielināšanās tendences ir saskaņā arī ar līdz šim konstatētajām izmaiņām citos klimatiskajos parametros, piemēram, atmosfēras nokrišņu un gaisa temperatūras ilggadīgo izmaiņu tendencēs. Palielināta rietumu vēju dominance Latvijā ir raksturīga ziemas laika periodam, kad teritoriju sasniedz cikloni no Atlantijas okeāna. Šādos apstākļos bieži pūš rietumu puses vēji, kas sev līdzī nes siltāka un mitrāka gaisa masas. Līdz ar to novērotās gaisa temperatūras paaugstināšanās, pieaugošo atmosfēras nokrišņu daudzuma un rietumu puses vēju īpatsvara palielināšanās varētu norādīt uz izmaiņām arī ciklonu aktivitātē virs mūsu reģiona.

### **3.4. Ekstremālo vērtību atgriešanās līmeņi Latvijā**

Daudzas praktiskas problēmas klimatoloģijā ir saistītas ar ekstremāliem meteoroloģiskiem un hidroloģiskiem apstākļiem, un, pētot to raksturu, bieži vien pētījumos tiek aplūkotas arī definētu ekstremālu vērtību atkārtošanās biežuma varbūtības. Ekstremālas parādības neatkārtojas katru gadu, dažkārt pat norisinās tikai reizi desmitgadē vai vēl retāk, un šis apstākļis pat pastiprina to bīstamību, jo dabas katastrofas var piemeklēt iedzīvotājus nesagatavotus. Veicot parametra ilgtermiņa statistikas analīzi, ir iespējams noskaidrot, cik ekstremālas vērtības atkārtošanās ir iespējama noteiktā laika periodā noteiktā vietā vai plašākā reģionā kopumā. Turklāt dažādu ekstremālu meteoroloģisko parādību atgriešanās varbūtību



aprēķināšana, balstoties uz ilggadīgajām novērojumu datu rindām, sniedz informāciju, kas var tikt izmantota teritoriju plānošanai, dažādiem inženiertehniskajiem risinājumiem, kā arī klimatisko apstākļu radītu risku novērtēšanai (IPCC, 2014; WMO, 2011).

Šī pētījuma ietvaros, lai noskaidrotu, kādas ir ekstremālo parādību atgriešanās vērtības jeb līmenis (*return level*) ar atgriešanās periodu reizi 100 gados, tika izmantoti ikdienas meteoroloģisko novērojumu dati no visām pētījumā iekļautajām meteoroloģisko novērojumu stacijām, un datu rindām tika pielietota 2.6. nodaļā aprakstītā metodika. Atgriešanās līmeņu aprēķinā tika iekļauta informācija par visu pētījumā ietvaros pieejamo meteoroloģisko novērojumu periodu – gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņiem no 1961. līdz 2010. gadam, savukārt vēja ātrumam no 1966. līdz 2010. gadam. Līdz ar to jāņem vērā, ka, piemēram, gaisa temperatūras atkārtosšanās līmeņu aprēķinā nav iekļauti novērojumu dati par līdz šim reģistrētajiem absolūtajiem minimālās un maksimālās gaisa temperatūras rekordiem Latvijā, kas novēroti ārpus apskatītā perioda (skatīt 3.1.1. nodaļu). Atgriešanās līmeņa aprēķins tika veikts ar statistiskās modelēšanas palīdzību, izmantojot divas metodes:

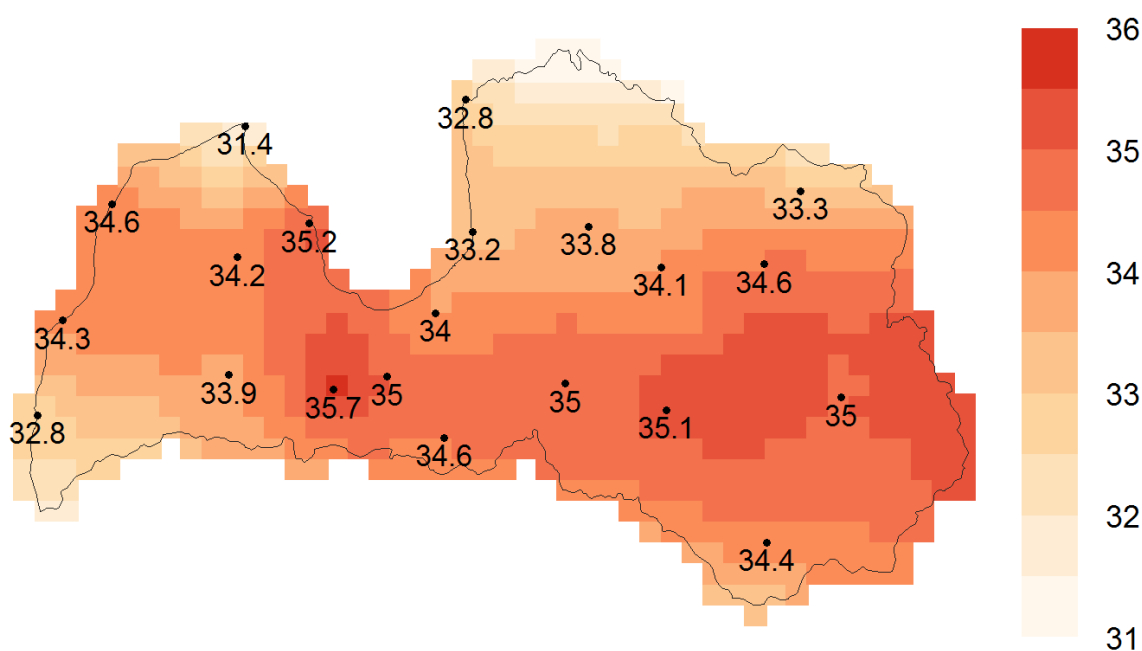
- bloku maksimumu metode (*block maxima method*), kas piemeklē sadalījumu gada maksimālajām novērotajām vērtībām;
- maksimumu virs sliekšņa (*peak over threshold*) metode, kas piemeklē sadalījumu visiem novērojumiem, kas pārsniedz noteikto vērtību sliekšni.

Būtiskākā atšķirība starp abām izmantotajām metodēm ir novērojumu gadījumu skaits, kas tiek izmantots atkārtosšanās līmeņu aprēķinam: bloku maksimumu metodē tiek izmantota viena, gada maksimālā/minimālā, vērtība, savukārt maksimumu virs sliekšņa metodē vienu gadu reprezentējošu vērtību skaits ir atkarīgs no attiecīgā sliekšņa pārsniegumu gadījumu skaita. Līdz ar to, atkarībā no meteoroloģiskās novērojumu stacijas, kā arī izvēlētajā gada, maksimumu virs sliekšņa metodē var tikt izmantots lielāks novērojumu skaits gadījumā, ja noteiktais sliekšnis gada ietvaros ir ticis pārsniegts vairākkārt, vai arī gadu raksturojošā vērtība var būt iztrūkstoša, ja konkrētajā gadā konkrētā meteoroloģisko novērojumu stacijā izvirzītais meteoroloģiskā parametra vērtību sliekšnis ne reizi nav ticis pārsniegts. Šīs metožu atšķirības ir būtiski paturēt prātā, veicot iegūto rezultātu un atkārtosšanās līmeņu vērtību interpretāciju.

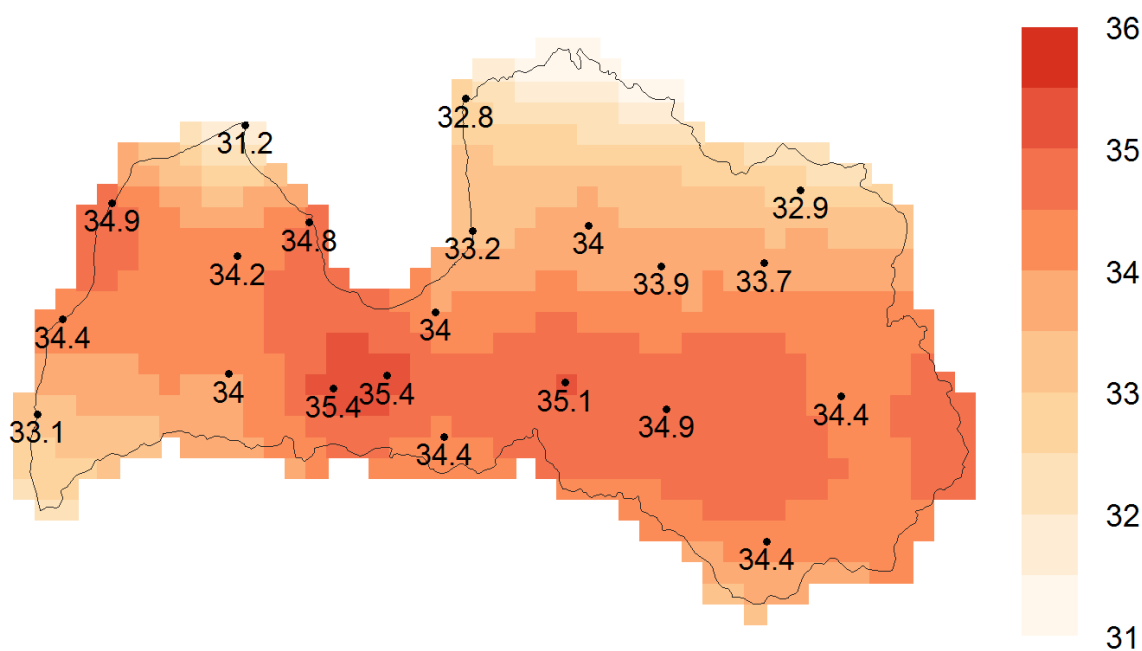
Nodaļas ietvaros tiek apskatīti ar abu metožu palīdzību iegūtie atgriešanās līmeņi minimālās un maksimālās gaisa temperatūras vērtībām, diennakts atmosfēras nokrišņu daudzumam, kā arī diennakts vidējā vēja ātruma vērtībām.

### 3.4.1. Ekstremāli augsta gaisa temperatūra

Balstoties uz 50 gadus garām ikdienas novērojumu datu rindām, diennakts maksimālās gaisa temperatūras vērtības ar atkārtotās periodu reizi 100 gados Latvijā ir 31,4-35,7°C robežās (3.162. attēls) un 31,2-35,4°C robežās (3.163. attēls). Pēc abām izmantotajām metodēm iegūtie rezultāti sniedz līdzīgas gaisa temperatūras atkārtotās vērtības, tomēr iezīmē nelielas atšķirības maksimālo vērtību izplatībā: ja pēc bloku maksimumu metodes iezīmējas divi maksimumu reģioni ap Dobeli un valsts austrumu rajonos, tad maksimumu virs sliekšņa metodes rezultātos maksimums valsts austrumos vairs nav tik izteikts, turpretī iezīmējas lokāls maksimums jūras piekrastē ap Ventspili. Jāmin, ka Ventspils novērojumu stacijā novērots arī līdzšinējais absolūtais maksimālās gaisa temperatūras rekords.



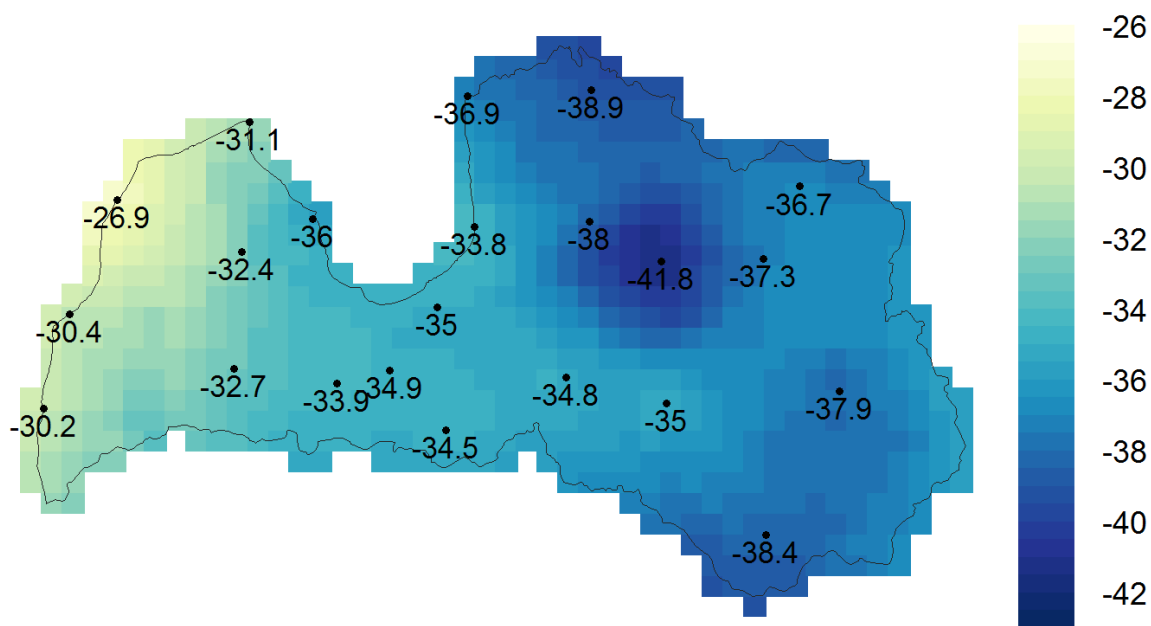
3.162.attēls. Diennakts maksimālās gaisa temperatūras atgriešanās līmenis (°C) Latvijā ar atgriešanās periodu reizi 100 gados - bloku maksimumu metodes rezultāti



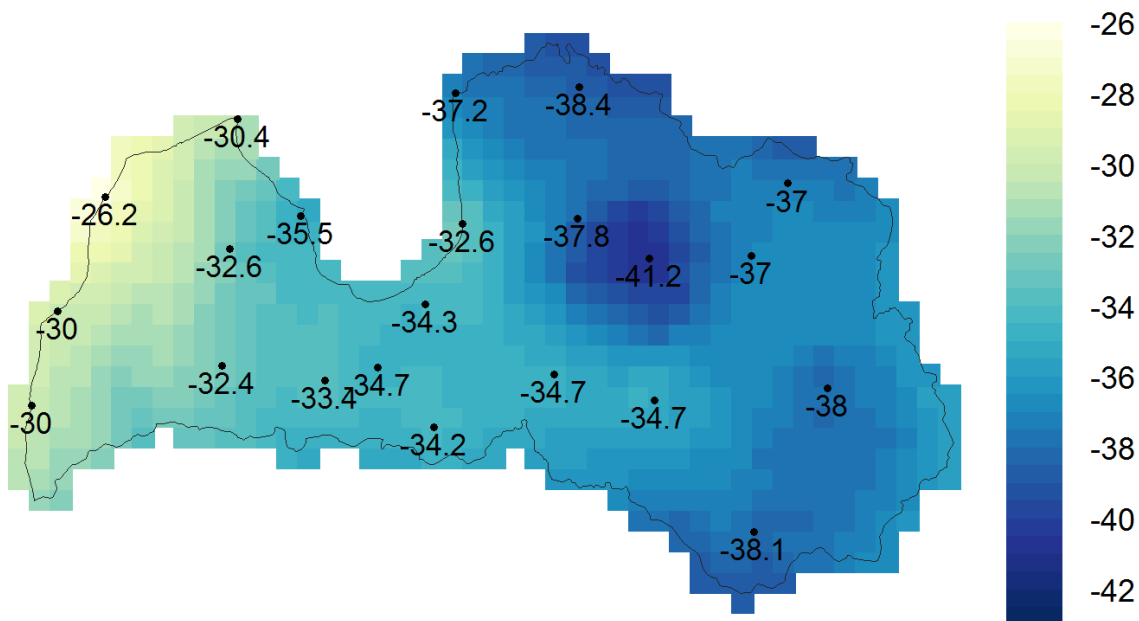
3.163.attēls. Diennakts maksimālās gaisa temperatūras atgriešanās līmenis (°C) Latvijā ar atgriešanās periodu reizi 100 gados – maksimumu virs sliekšņa metodes rezultāti ar sliekšni +30°C

#### 3.4.2. Ekstremāli zema gaisa temperatūra

Diennakts minimālās gaisa temperatūras vērtības ar atkārtšanās periodu reizi 100 gados Latvijā ir -26,9...-41,8°C robežās (3.164. attēls) un -26,2...-41,2°C robežās (3.165. attēls). Balstoties uz abu metožu rezultātiem, iezīmējas lokāls minimums Vidzemes augstienes apkārtnē, kā arī maksimums Baltijas jūras piekrastes un īpaši Ventspils apkārtnē, kur minimālās gaisa temperatūras vērtības atkārtšanās līmenis reizi 100 gados ir -26,2...-26,9°C. Maksimumu virs sliekšņa metodes rezultāti lielākajā valsts daļā sniedz nedaudz augstākas atkārtšanās līmeņu vērtības, savukārt četrās meteoroloģisko novērojumu stacijās – Stendē, Ainažos, Alūksnē un Rēzeknē – augstākas vērtības ir iegūtas, izmantojot bloku maksimumu metodi.



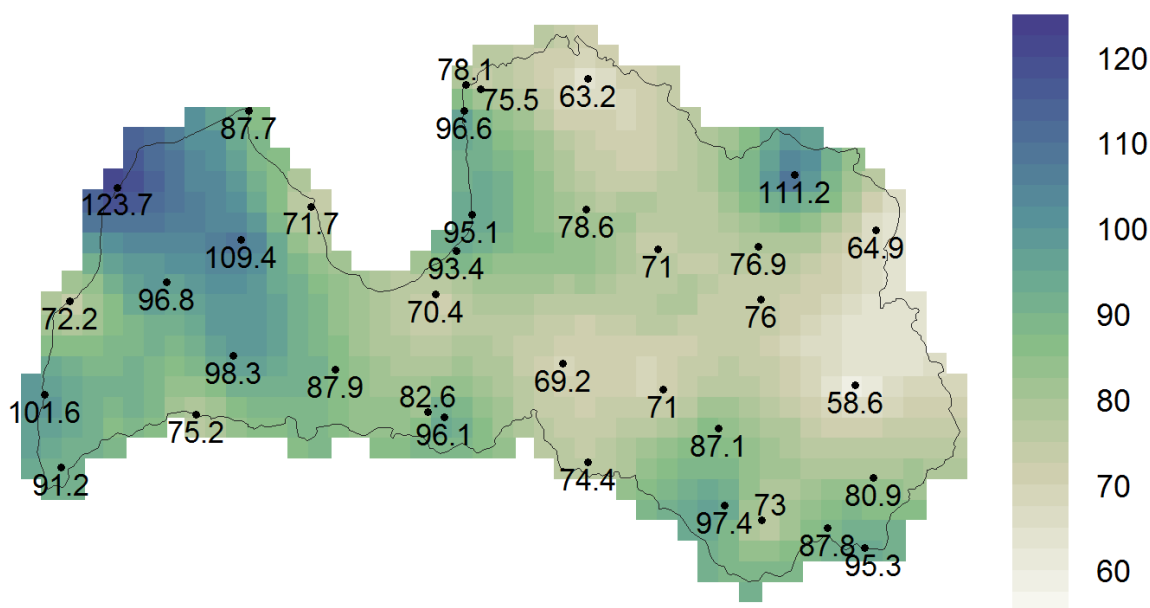
3.164.attēls. Diennakts minimālās gaisa temperatūras atgriešanās līmenis (°C) Latvijā ar atgriešanās periodu reizi 100 gados - bloku maksimumu metodes rezultāti



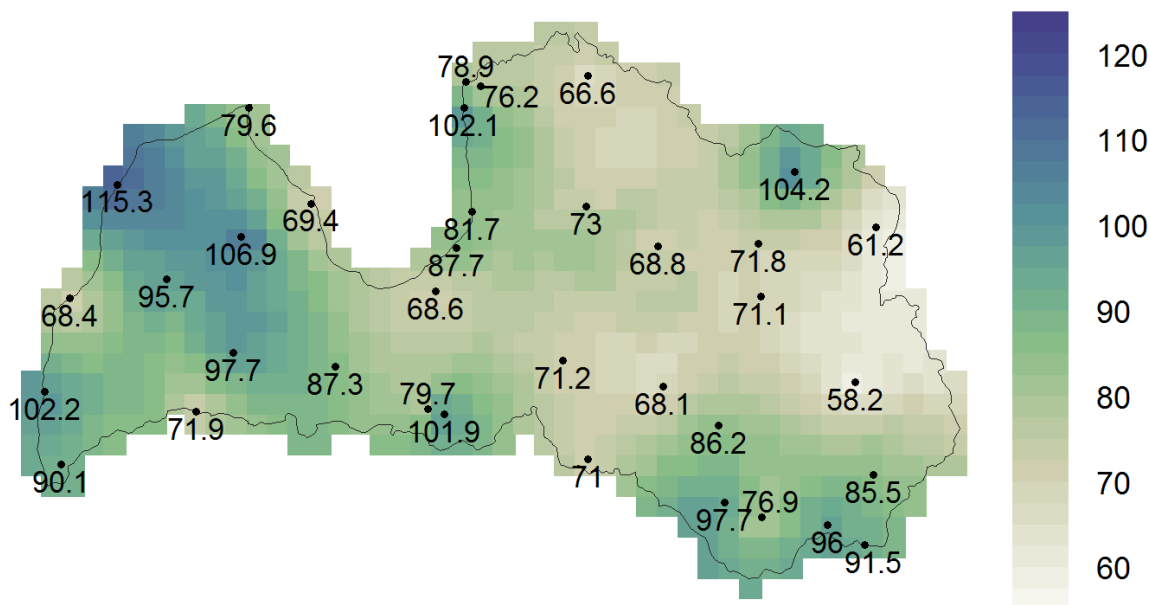
3.165.attēls. Diennakts minimālās gaisa temperatūras atgriešanās līmenis (°C) Latvijā ar atgriešanās periodu reizi 100 gados – maksimumu virs sliekšņa metodes rezultāti ar sliekšni -25°C

### 3.4.3. Ekstremāli atmosfēras nokrišņi

Diennakts atmosfēras nokrišņu daudzuma vērtības ar atkārtšanās periodu reizi 100 gados Latvijā ir 58,6-123,7 mm robežās (3.166. attēls) un 58,2-115,3 mm robežās (3.167. attēls). Atmosfēras nokrišņu atgriešanās līmeņu sadalījums Latvijas teritorijā ir ievērojami heterogēnāks nekā gaisa temperatūrai, kas saistīts ar to ekstremālo vērtību lokālo izplatību arī ilggadīgā novērojumu perioda ietvaros. Tomēr kopumā atgriešanās līmenis ar atkārtšanās periodu augstāks ir Kurzemē, galējos dienvidaustrumu rajonos, kā arī vietām Vidzemē – Alūksnes augstienes apkārtnē un līča piekrastē. Pēc abām metodēm iegūtie rezultāti lielā mērā atšķiras atšķirīgā aprēķinā izmantotā gadījuma skaita dēļ: bloku maksimumu metodē izmantojot tikai vienu, gada maksimālo vērtību, atsevišķiem ekstremāliem gadījumiem novērojumu periodā (piemēram, 160 mm stipriem nokrišņiem Ventspilī 1973. gadā), bijis daudz lielāks svars, nekā aprēķinā papildus izmantojot arī stipru nokrišņu atkārtojamību.



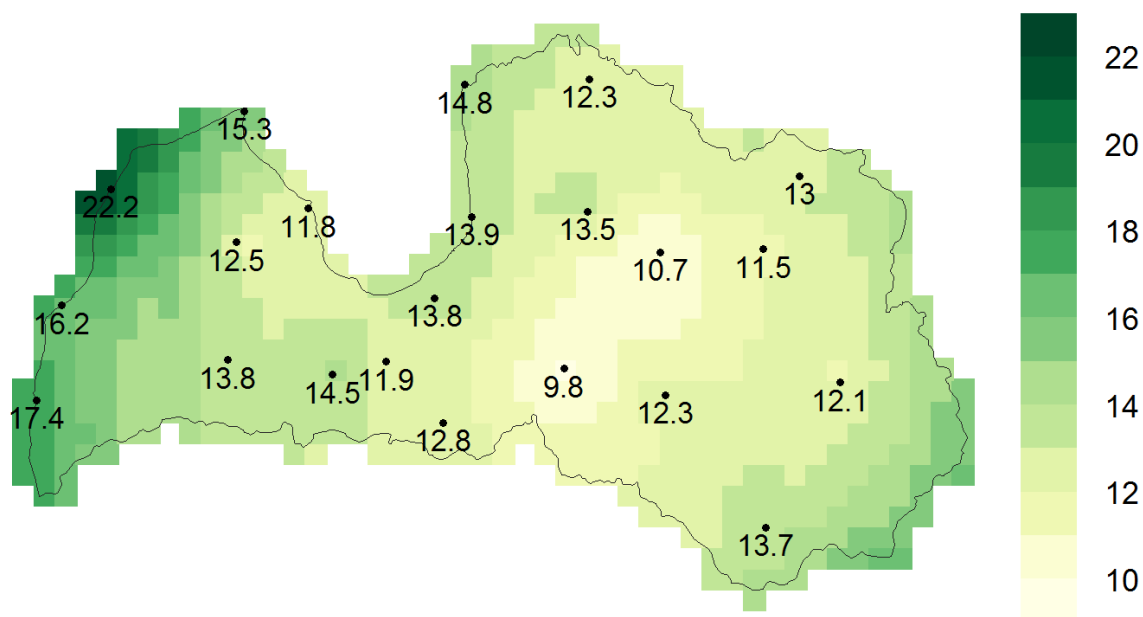
3.166.attēls. Diennakts atmosfēras nokrišņu daudzuma atgriešanās līmenis (mm) Latvijā ar atgriešanās periodu reizi 100 gados - bloku maksimumu metodes rezultāti



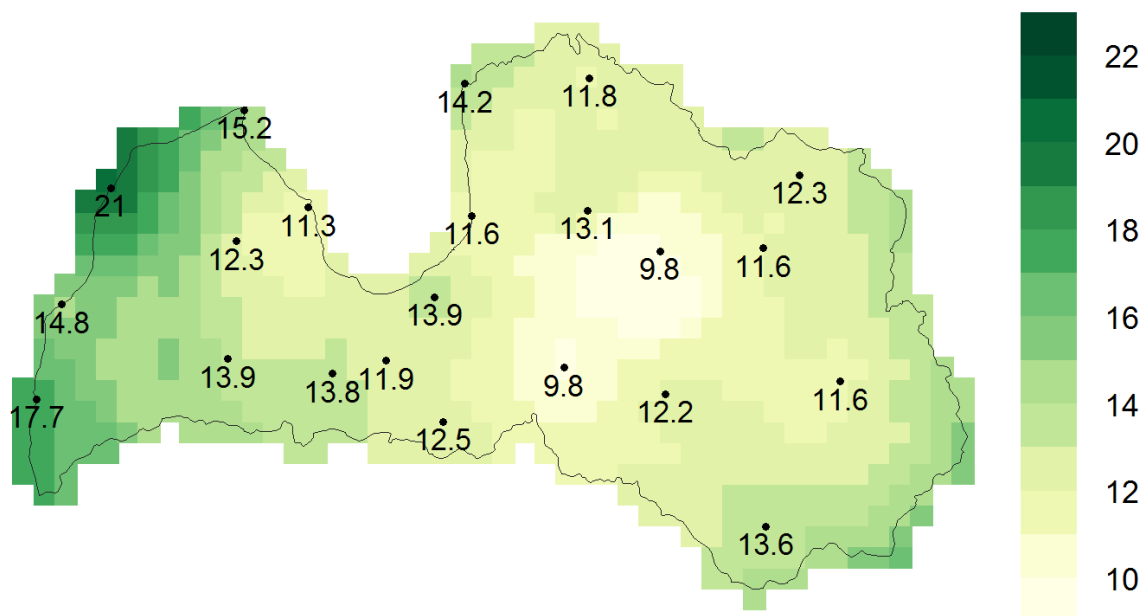
3.167.attēls. Diennakts atmosfēras nokrišņu daudzuma atgriešanās līmenis (mm) Latvijā ar atgriešanās periodu reizi 100 gados – maksimumu virs sliekšņa metodes rezultāti ar sliekšni 30 mm

#### 3.4.4. Ekstremāls vidējais vēja ātrums

Diennakts vidējā vēja ātruma vērtības ar atkārtosšanās periodu reizi 100 gados Latvijā ir 9,8-22,2 m/s robežās (3.168. attēls) un 9,8-21 m/s robežās (3.169. attēls). Bloku maksimumu metode sniedz caurmērā augstākas atgriešanās līmeņa vērtības nekā maksimumu virs sliekšņa metode, tomēr to telpiskās izplatības iezīmes pēc abu metožu rezultātiem ir līdzīgas. Valsts lielākajā daļā diennakts vidējā vēja ātruma atgriešanās līmenis ar atkārtosanos reizi 100 gados nepārsniedz 9,8-14,9 m/s, un tikai Kurzemes rietumu piekrastē tā vērtības sasniedz 15,2-22,2 m/s.



3.168.attēls. Diennakts vidējā vēja ātruma atgriešanās līmenis (m/s) Latvijā ar atgriešanās periodu reizi 100 gados - bloku maksimumu metodes rezultāti



3.169.attēls. Diennakts vidējā vēja ātruma atgriešanās līmenis (m/s) Latvijā ar atgriešanās periodu reizi 100 gados – maksimumu virs sliekšņa metodes rezultāti ar sliekšni 8 m/s

## 4. KLIMATA PĀRMAIŅU SCENĀRIJI LATVIJAI LĪDZ 2100. GADAM

### 4.1. Klimata pārmaiņu scenāriji

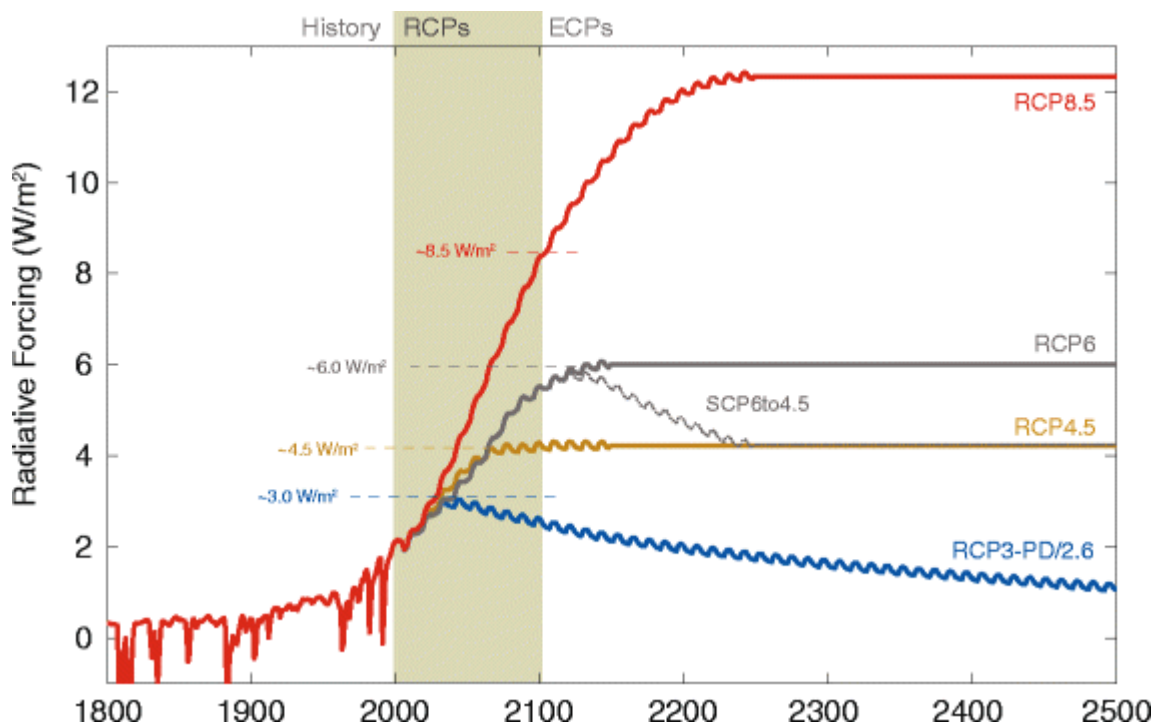
Klimats ir viens no vides noteicošajiem un ietekmējošajiem faktoriem. Tā pārmaiņas var izsaukt radikālus vides pārveidojumus, kas var izraisīt organiskās pasaules iznīcību, vai negaidītu uzplaukumu. Mūsdienās visvairāk ļaužu prātus nodarbina klimata pārmaiņas un tās ietekme uz vidi (Āboltiņš, 2010). Lai gūtu priekšstatu par klimata pārmaiņu ietekmi uz vidi un cilvēku, nepieciešams novērtēt iespējamās izmaiņas nākotnē, ko palīdz izdarīt klimata pārmaiņu scenāriji. Klimata pārmaiņu scenāriji ļauj novērtēt cilvēka darbības un dabas procesu ietekmi uz klimatiskajiem apstākļiem. Tie nav uzskatāmi par nākotnes prognozēm, bet drīzāk katrs scenārijs sniedz ieskatu, kā noteiktas cilvēka darbības un dabas procesu kopas var ietekmēt klimatiskos apstākļus nākotnē. Vairāku scenāriju kopums var palīdzēt novērtēt klimata sistēmu attīstību (IPCC, 2000).

Pirmā novērtējuma ziņojuma (FAR – *First Assessment Report, 1990*) ietvaros Klimata pārmaiņu starpvaldību ekspertu grupa (IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*) izveidoja sešus siltumnīcefekta gāzu emisiju scenārijus (IS92a-f – *1992 IPCC Emissions Scenarios*), kas tika izmantoti atmosfēras satura un klimata pārmaiņu scenāriju izveidē. Trešajā novērtējuma ziņojumā (TAR – *Third Assessment Report, 2001*) tika ietverts Emisijas scenāriju ziņojums (SRES – *Special Report on Emission Scenarios*), kurā bija aprakstīti jauni siltumnīcefekta gāzu emisijas scenāriji. Emisiju scenāriju ziņojumā scenāriji tika sadalīti četrās lielās scenāriju kopās balstoties uz sociāliem un ekonomiskiem faktoriem, piemēram, saimniecisko darbību dabas aizsardzību u.c. Šie scenāriji tika izmantoti arī ceturtajā novērtējuma ziņojumā (AR4 – *Fourth Assessment Report, 2007*) (IPCC, 2010).

Laika posmā no 2013. gada septembra līdz 2014. gada novembrim tika pabeigts piektais novērtējuma ziņojums (AR5 – *Fifth Assessment Report, 2014*) (IPCC, 2016). Šajā ziņojumā ir izstrādāti jauni siltumnīcefekta gāzu emisiju RCP scenāriji (RCP – *Representative Concentration Pathways*). Kopumā tika izstrādāti 4 atšķirīgi uz siltumnīcefekta gāzu koncentrāciju aplēsēm balstīti klimata pārmaiņu scenāriji: RCP2,6; RCP4,5; RCP6,0 un RCP8,5, kas apraksta dažādus radiācijas bilances palielinājumu variantus no 1750. līdz 2100. gadam un antropogēno ietekmi uz attiecīgo summārās radiācijas palielinājuma variantu. Starp šiem četriem scenārijiem ir viens emisiju samazināšanai atbilstošs scenārijs – RCP2,6, divi stabilizācijas scenāriji – RCP4,5 un RCP6,0, kā arī viens augstu emisiju scenārijs – RCP8,5 (IPCC, 2014). Scenārijā RCP2,6 tiek prognozēts radiācijas bilances palielinājums aptuveni līdz



2050. gadam ( $3,0\text{W/m}^2$ ), kam sekos tās samazinājums līdz  $2,6\text{W/m}^2$  2100. gadā, bet 2300. gadā pie šāda scenārija radiācijas bilance atbilstu mūsdienām. RCP4,5 un RCP6,0 scenārijos tiek prognozēts, ka radiācijas bilance palielināsies līdz katra scenārija prognozētajam līmenim ( $4,5\text{W/m}^2$  RCP4,5 scenārijam ap 2100. gadu un  $6,0\text{W/m}^2$  RCP6,0 scenārijam ap 2150. gadu) un tad paliks nemainīgs. Bet RCP8,5 scenārijā radiācijas bilance pieaug līdz 2200. gadam, kad tas stabilizējas pie  $12,0\text{W/m}^2$  (skat. 4.1. attēlu).



4.1. attēls. Radiācijas bilances dažādos siltumnīcefekta gāzu emisijas scenārijos (RCP) (Meinshausen et al., 2011)

## 4.2. Nākotnes klimata pārmaiņas Pasaulē un Eiropā

Visos reprezentatīvās koncentrācijas aplēšu emisijas scenāriju (RCP) gadījumos tiek prognozēta gaisa temperatūras paaugstināšanās visa 21. gadsimta gaitā. Ir ļoti ticams, ka palielināsies karstuma viļņu biežums un ilgums, kā arī palielināsies ekstremālu nokrišņu iespējamība dažādos pasaules reģionos (IPCC, 2014c).

Pasaules vidējās gaisa temperatūras izmaiņas laika periodā no 2016. gada līdz 2035. gadam visos emisiju scenāriju prognozēs ir līdzīgas, un tā būs vidēji  $0,3-0,7\text{oC}$  augstāka nekā laika periodā no 1986. gada līdz 2005. gadam. Turpmākajos periodos: 2046.-2065. un 2081-2100. g. vidējās gaisa temperatūras izmaiņu lielums ir vairāk atkarīgs no izvēlētā klimata pārmaiņu scenārija (skat. 4.1. tabulu).

**Prognozētās vidējās gaisa temperatūras izmaiņas no 1986.-2005. gadu vidējās gaisa temperatūras (IPCC, 2014c)**

Laika periods	2046.-2065.		2081.-2100.	
Scenārijs	Vidējās gaisa temperatūras izmaiņas, °C	Vidējās gaisa temperatūras izmaiņu minimālā un maksimālā vērtība, °C	Vidējās gaisa temperatūras izmaiņas, °C	Vidējās gaisa temperatūras izmaiņu minimālā un maksimālā vērtība, °C
RCP2.6	1.0	0.4...1.6	1.0	0.3...1.7
RCP4.5	1.4	0.9...2.0	1.8	1.1...2.6
RCP8.5	2.0	1.4...2.6	3.7	2.6...4.8

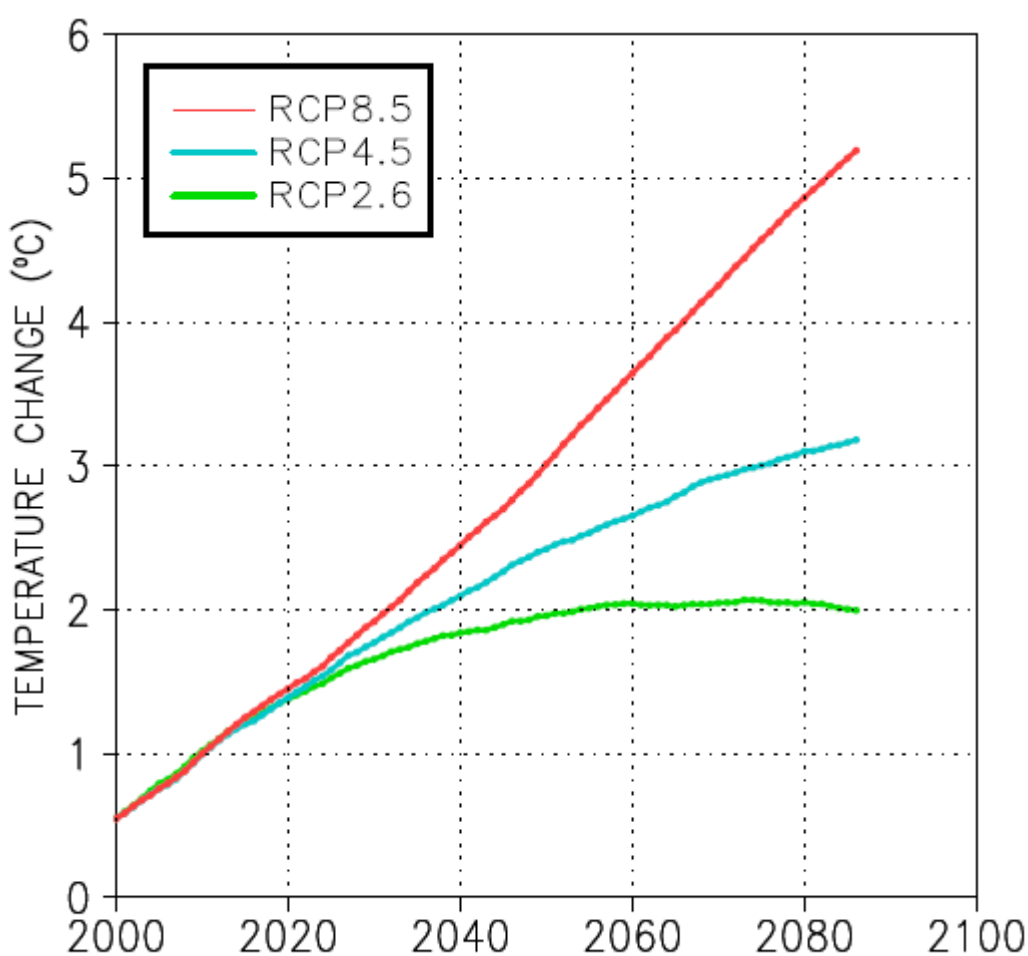
Vidējās gaisa temperatūras izmaiņas atšķirsies atkarībā no reģiona, piemēram, Arktikas reģionā tā paaugstināsies vairāk nekā pārējos reģionos, kā arī tā būs augstāka virs sauszemes nekā virs okeāniem. Pasiltināšanās ietekmē palielināsies karstuma viļņu biežums un ilgums un samazināsies aukstuma viļņu biežums, tomēr tiek prognozēti arī neregulāri aukstuma ekstrēmi (IPCC, 2014c). Eiropā lielākā gaisa temperatūras paaugstināšanās tiek prognozēta vasarā Dienvideiropā, bet ziemas sezonā – Ziemeļeiropā (Goodess et al., 2009; Kjellström et al., 2011).

Nokrišņu daudzuma atšķirība starp mitriem un arīdiem reģioniem 21. gadsimtā turpinās palielināties, bet izmaiņas būs nevienlīdzīgas. Vidējā platumā un tropu reģionos nokrišņu daudzums palielināsies, kā arī tiek prognozēta nokrišņu intensitātes palielināšanās, kamēr subtropiskajos un mērenās joslas arīdos apgabalos nokrišņu daudzums samazināsies un biežāk tiks novēroti sausuma periodi. Tiek prognozēts arī, ka palielināsies musonu ietekmēto reģionu platība un ar tiem saistīto nokrišņu daudzums, kā arī pastiprināsies ar El Niño saistīto nokrišņu mainīgums dažādos reģionos (IPCC 2014c). Sagaidāms, ka Ziemeļeiropā nokrišņu daudzums palielināsies, it īpaši ziemās, bet Dienvideiropā vasarās biežāki būs sausuma periodi un kopējais nokrišņu daudzums samazināsies. Centrāleiropā prognozes nav tik viennozīmīgas (Kjellström et al., 2011).

Virszemes vēja novērojumu kvalitāti ļoti ietekmē katras konkrētās vietas reljefs, tāpēc ir liela nenoteiktība vēja ātruma prognozēs. Izņēmums ir tropu ciklonu vēju ātrums, kas pēdējās dažās desmitgadēs palielinās, bet ap 2100. gadu visticamāk būs aptuveni tāds pats kā mūsdienās vai pat nedaudz mazāks (IPCC, 2012). Salīdzinot vairākus klimata pārmaiņu modeļus, ir novērojama tendence, ka Eiropā un dažos Ziemeļamerikas un Klusā okeāna reģionos vidējais vēja ātrums palielināsies, bet ap ekvatoru tas samazināsies (Collins et al., 2010).

### 4.3. Gaisa temperatūras rādītāju izmaiņas Latvijā laika periodā līdz 2100. gadam

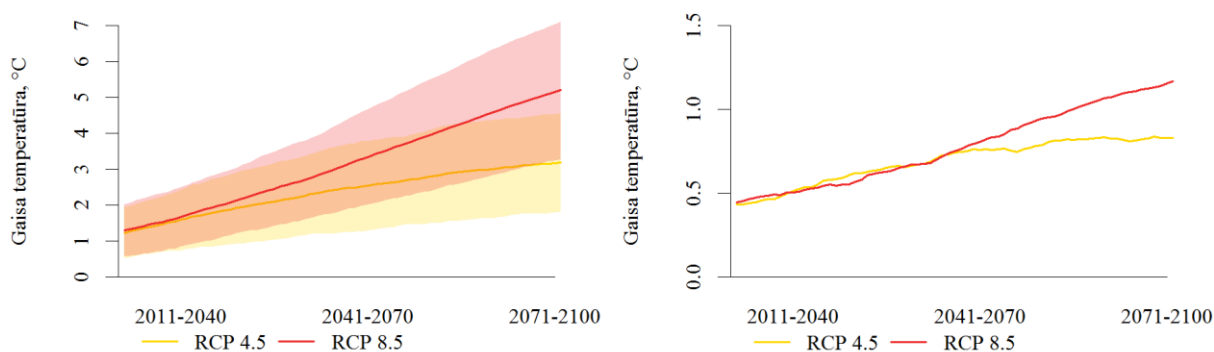
Līdzšinējās klimata pārmaiņas Latvijā iezīmējušas ievērojamas izmaiņas gaisa temperatūras vērtībās, un līdzīgi daudzviet pasaulē novērotajām tendencēm apstiprina izteiktu un stabilu pasiltināšanās tendenci (skatīt 3.1. nodaļu). Analizējot turpmākas izmaiņas gaisa temperatūras vērtībās dažādu klimata pārmaiņu scenāriju kontekstā, jāsecina, ka pat neatkarīgi no ieviestajiem klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumiem, Latvijā gada **vidējā gaisa temperatūra** turpinās paaugstināties un laika periodā no 2011. līdz 2040. gadam būs par 1,5-2,5°C augstāka nekā 1971.-2000. g. periodā (4.2. attēls).



4.2. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gada vidējās gaisa temperatūras vērtību izmaiņu projekcijas (30 gadu slidošā vidējā vērtību izmaiņas °C attiecībā pret 1971.-2000. g. vērtībām) Latvijas teritorijai (Ruosteenoja et al., 2016)

Lai gan apskatītā nākotnes laika perioda sākumā gaisa temperatūras vērtību paaugstināšanās ir vienmērīgi izteikta visu klimata pārmaiņu scenāriju apstākļos, šī gadsimta vidū un īpaši tā beigu

daļā gaisa temperatūras izmaiņas ir ievērojami atkarīgas no siltumnīcefekta gāzu (SEG) koncentrācijām atmosfērā, ko apraksta triju pētījumā izmantotie klimata pārmaiņu scenāriji. Klimata pārmaiņu scenārijs RCP 2,6 nu jau ir uzskatāms par nereālistisku, jo paredz SEG emisiju samazinājumu jau šī gadsimta sākumā – tomēr arī šī scenārija ietvaros Latvijā gaidāma vēl turpmāka gaisa temperatūras vērtību paaugstināšanās, sasniedzot +2°C virs 1971.-2000. g. vidējās vērtības. RCP 4,5 scenārijs paredz SEG emisiju samazināšanu, sākot no šī gadsimta vidus, un šī scenārija apstākļos līdz 21. gadsimta beigām gaisa temperatūra Latvijā paaugstināsies par vairāk nekā 3°C virs 1971.-2000. g. vidējās vērtības. Savukārt gadījumā, ja pasaules mērogā šī gadsimta laikā netiks īstenoti klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumi, ko apraksta klimata pārmaiņu scenārijs RCP 8,5 – gaisa temperatūra Latvijā līdz gadsimta beigām paaugstināsies pat par 5°C.



**4.3. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gada vidējās gaisa temperatūras vērtību izmaiņu projekcijas (pa kreisi: izmaiņas °C attiecībā pret 1971.-2000. g. vērtībām) un prognožu nenoteiktība (pa labi: nenoteiktība izteikta kā standartnovirze, °C) Latvijas teritorijai**

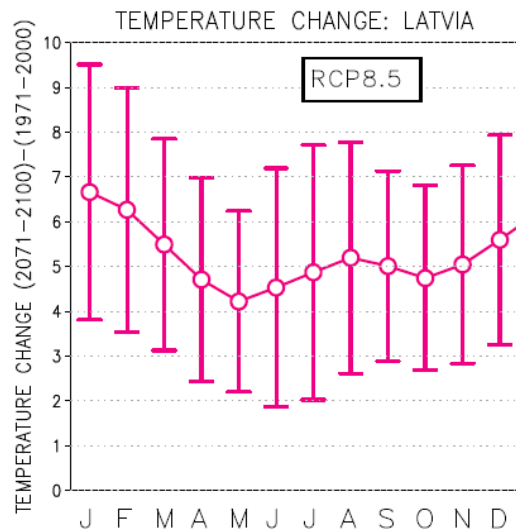
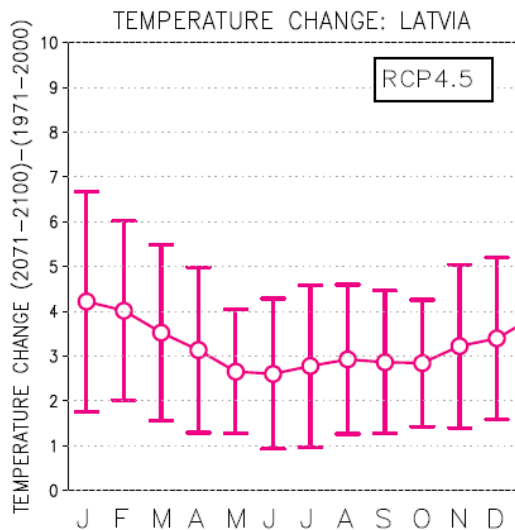
Turpmāk šī pētījuma gaitā tiks analizētas pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenāriju prognozētajiem apstākļiem iegūtās klimatisko parametru vērtību projekcijas nākotnes laika periodā Latvijas teritorijā (4.3. attēls). Lai novērtētu pētījumā izmantoto globālo skaitlisko klimata modeļu ansambļa aprēķinu nenoteiktību, papildus modeļu ansambļu vidējo vērtību raksturojumam, kas pārsvarā apkopots karšu formā, tiks sniegta informācija arī par modeļu ansambļa iekšējo aprēķinu nenoteiktību jeb atšķirībām starp dažādu modeļa ansambļa locekļu aprēķiniem. Šī nenoteiktība tiks raksturota ar standartnoviržu vai procentiņu analīzes pieejas palīdzību.

Telpiski gaidāmā gaisa temperatūras vērtību paaugstināšanās Latvijas teritorijā būs salīdzinoši vienmērīga (4.4. attēls), tomēr izteiktākas gaisa temperatūras izmaiņas gaidāmas valsts austrumu daļā.



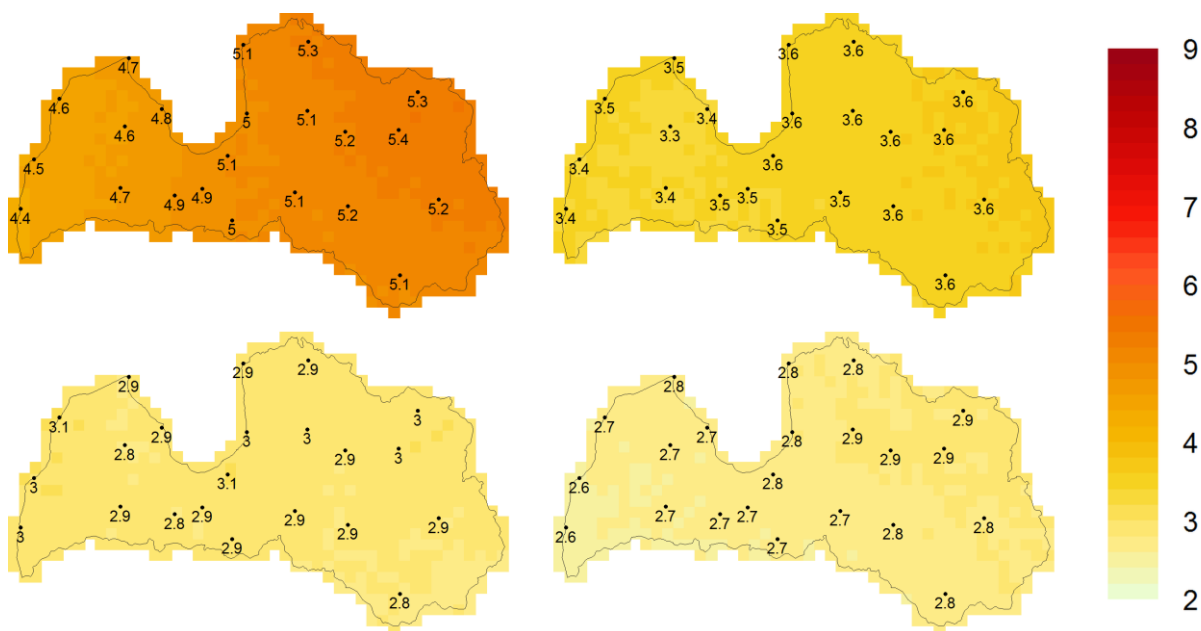
**4.4. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gada vidējās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem**

Gaidāmajās gaisa temperatūras paaugstināšanas tendencēs vērojams arī sezonāls raksturs (4.5. attēls): gan RCP 4,5 gan RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenāriju apstākļos globālo klimata modeļu ansamblis visizteiktāko gaisa temperatūras paaugstināšanos Latvijas teritorijā prognozē laika periodā no novembra līdz aprīlim, kad RCP 4,5 scenārija apstākļos gadsimta beigās gaisa temperatūra būs par vidēji 3-4°C, savukārt RCP 8,5 scenārija apstākļos – par 5-6,5°C augstāka par 1971.-2000.g. perioda vidējām vērtībām. Turklāt atsevišķi modeļu ansambļa locekļi iezīmē pat vēl krasākas iespējamās izmaiņas, piemēram, gaisa temperatūras pieaugumu par 9-9,5°C janvāra un februāra mēnešos RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija apstākļos. Projektijas iezīmē arī nelielu gaisa temperatūras paaugstināšanos vasaras mēnešos, tomēr kopumā jūnijs ir gada mēnesis, ko skars visnelielākās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas. Kopumā nenoteiktība modeļu ansambļa locekļu starpā svārstās 2-6°C robežās, tomēr pat visoptimistiskākie ansambļa locekļi Latvijas teritorijā visos mēnešos prognozē gaisa temperatūras paaugstināšanos par 1-2°C (RCP 4,5) un 2-4°C (RCP 8,5) grādiem.

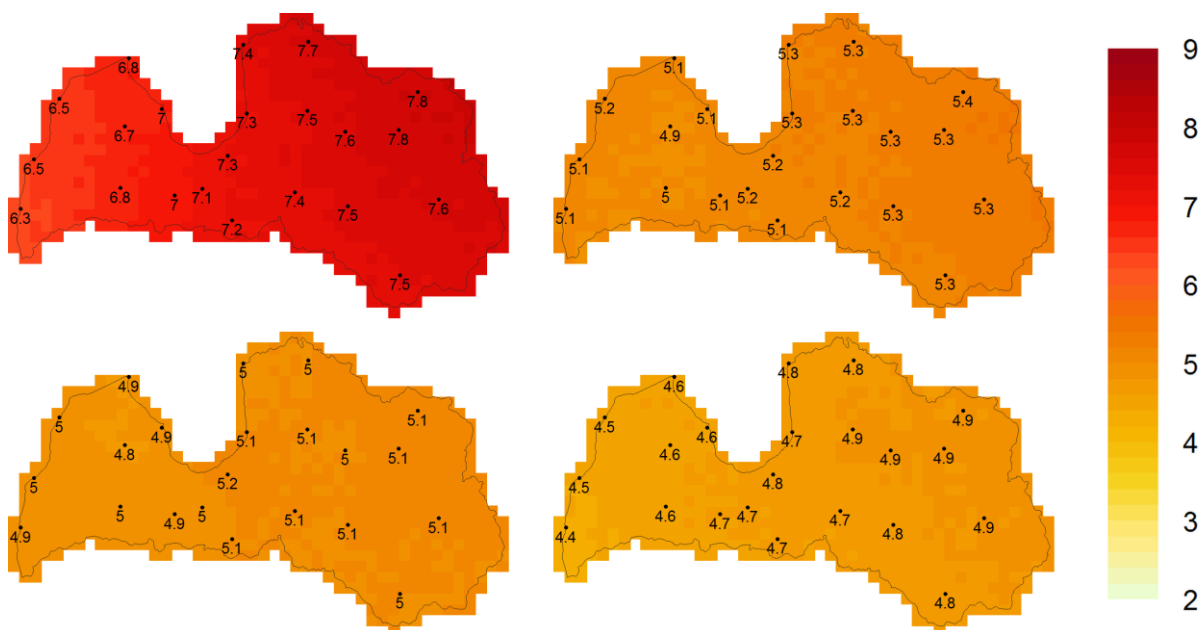


**4.5. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās mēneša vidējās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C 2071.-2100.g. attiecībā pret 1971.-2000.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem (Ruosteenoja et al., 2016)**

Apskatot prognozētās gaisa temperatūras izmaiņas dažādās sezonās (4.6. un 4.7. attēls), jāsecina, ka gan RCP 4,5, gan RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenāriju apstākļos viskrasākās izmaiņas skars ziemas sezonu un īpaši valsts austrumu daļu, kur pesimistiskākā scenārija apstākļos gadsimta beigās vidējā gaisa temperatūra var būt pat par 7,5-7,8°C augstāka nekā klimatiskās references periodā. Arī pārējās sezonās kopumā valstī gaidāma gaisa temperatūra paaugstināšanās, tomēr tā vismazāk izteikta būs rudens sezonā. Ne tikai ziemas sezonā, bet arī gada griezumā kopumā visbūtiskākā gaisa temperatūras paaugstināšanās skars valsts austrumu daļu, kur teritoriāli valstī novēroti salīdzinoši kontinentāli klimatiskie apstākļi. Savukārt Kurzemē jūras piekrastē, dominējot Baltijas jūras ietekmei, rudenī un ziemā gaidāmas salīdzinoši nelielākas gaisa temperatūras izmaiņas nekā pārējā valsts teritorijā.



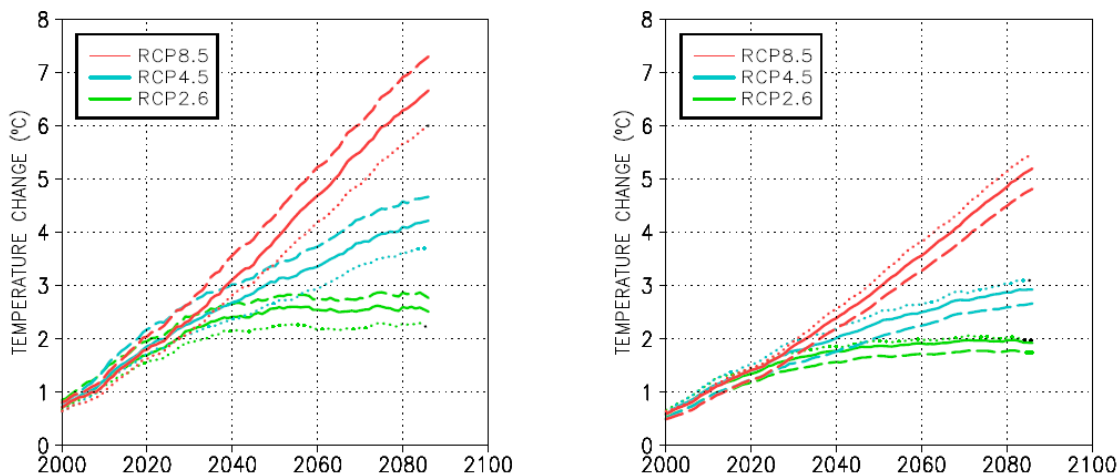
4.6. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sezonas vidējās (no kreisās puses augšējā rindā ziema, pavasaris, apakšējā rindā – vasara, rudens) gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija



4.7. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sezonas vidējās (no kreisās puses augšējā rindā ziema, pavasaris, apakšējā rindā – vasara, rudens) gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija

Gaisa temperatūras klimatoloģiju raksturo ne tikai tās diennakts vidējās vērtības, bet arī tās minimālās un maksimālās vērtības, kas raksturo visaukstāko un vissiltāko brīdi diennakts laikā. Līdz ar izmaiņām vidējās gaisa temperatūras vērtībās, līdzšinējo klimata pārmaiņu kontekstā Latvijā (skat. 3.1.1. nodaļu) izmaiņas ir skārušas arī gaisa temperatūras minimālās un maksimālās vērtības, un šo izmaiņu turpināšanās dažādos apmēros tiek prognozēta arī nākotnes laika periodā (4.8. attēls). Prognozes paredz izteiktu visu trīs gaisa temperatūras rādītāju

paaugstināšanos gan ziemas, gan vasaras mēnešos, tomēr ziemas mēnešos būtiskāk paaugstināsies minimālās gaisa temperatūras, bet vasaras mēnešos – maksimālās gaisa temperatūras vērtības.



4.8. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās janvāra (pa kreisi) un augusta (pa labi) mēnešu vidējās (nepārtraukta līnija), vidējās minimālās (raustīta līnija) un vidējās maksimālās (punktēta līnija) gaisa temperatūras vērtību izmaiņu projekcijas (izmaiņas °C attiecībā pret 1971.-2000.g. vērtībām) Latvijas teritorijai (Ruosteenoja et al., 2016)

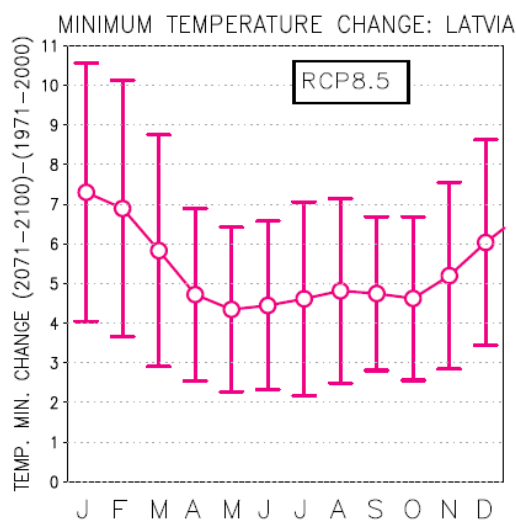
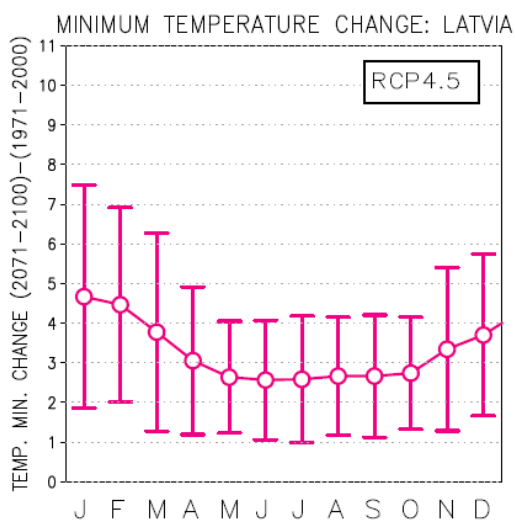
**Minimālā gaisa temperatūra** parasti raksturo nakts laika perioda termālos apstākļus jeb aukstāko brīdi kalendārās diennakts laikā. Prognozētās gada vidējās minimālās gaisa temperatūras izmaiņas Latvijas teritorijā sasniedz 3,3-3,9°C RCP 4,5 scenārija un 5,1-6°C RCP 8,5 scenārija apstākļos (4.9. attēls), tomēr atsevišķos periodos gada griezumā šīs izmaiņas ir vēl krasākas.



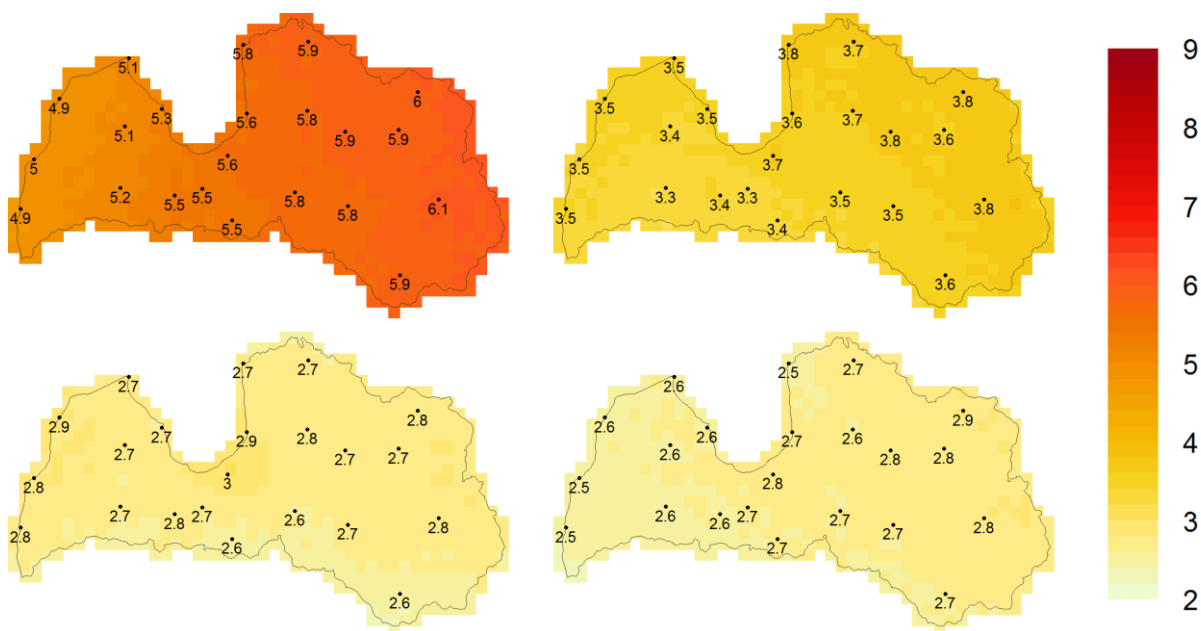
4.9. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gada vidējās minimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem



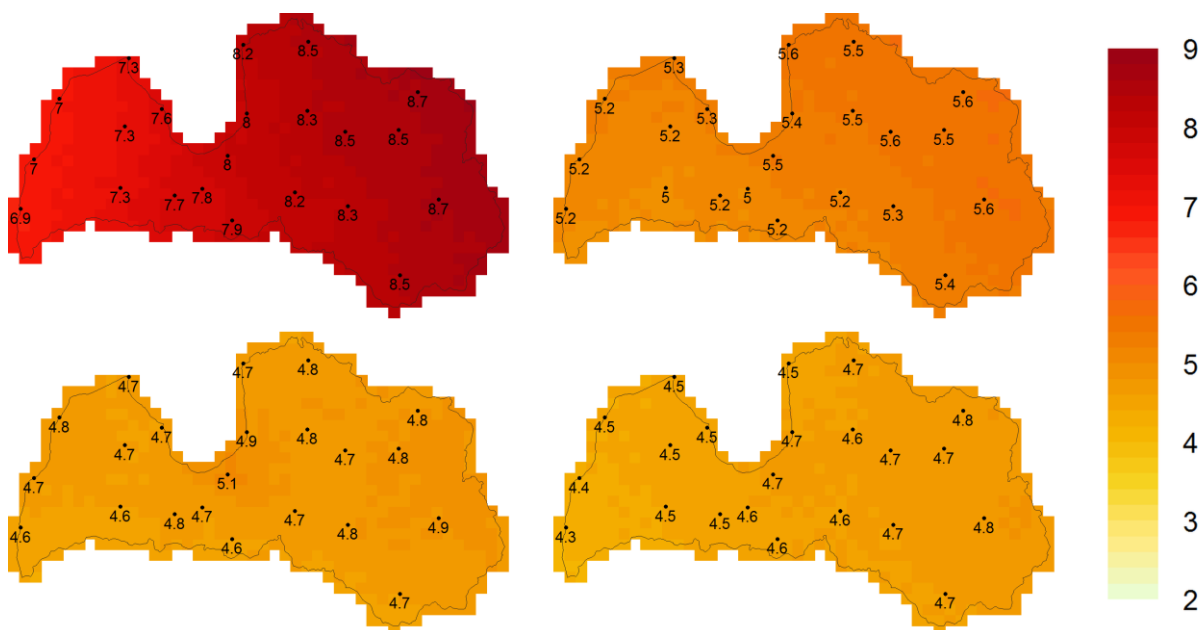
Klimata modeļu prognozes rāda, ka atkarībā no mēneša (4.10. attēls) līdz gadsimta beigām minimālā gaisa temperatūra pēc RCP 4,5 scenārija Latvijā paaugstināsies par 2,5-5°C (atsevišķu ansambļa locekļu aprēķinu izkliede 1-7,5°C pieauguma robežās), savukārt pēc RCP 8,5 scenārija – par 4-7,5°C (atsevišķu ansambļa locekļu aprēķinu izkliede 2-10,5° pieauguma robežās). Līdzīgi vidējās gaisa temperatūras izmaiņām, arī minimālā gaisa temperatūra visievērojamāk – par 3-5,5°C un 5-7,5°C – paaugstināsies periodā no novembra līdz aprīlim, tādējādi būtiski ietekmējot saltu un sniegotu ziemu novērojumu īpatsvaru Latvijā nākotnes laika periodā. Turklāt pēc abiem klimata pārmaiņu scenārijiem visbūtiskāk gaisa temperatūra ziemas sezonā paaugstināsies valsts austrumu daļā (4.11. un 4.12. attēls), tādējādi krasi un kompleksi ietekmējot šī klimatiski visaukstākā un vissniegotākā valsts reģiona klimatiskos apstākļus. Arī vasaras sezonā Latvijas teritorijā gaidāma minimālās gaisa temperatūras paaugstināšanās – vasaras nakts kļūs siltākas, un īpaši izteikta nakts gaisa temperatūru paaugstināšanās prognozēta Rīgas līča dienvidu piekrastē, Rīgas apkārtnē. Minimālajai gaisa temperatūrai atkarībā no klimata pārmaiņu scenārija paaugstinoties par 3-5°C, nākotnē var ievērojami palielināties ilgstoša karstuma negatīvās iedarbības risks, kas arī vēsturiski īpaši izteikts ir bijis tieši Rīgas aglomerācijas apkārtnē.



**4.10. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās mēneša vidējās minimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C 2071.-2100.g. attiecībā pret 1971.-2000.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem (Ruosteenoja et al., 2016)**



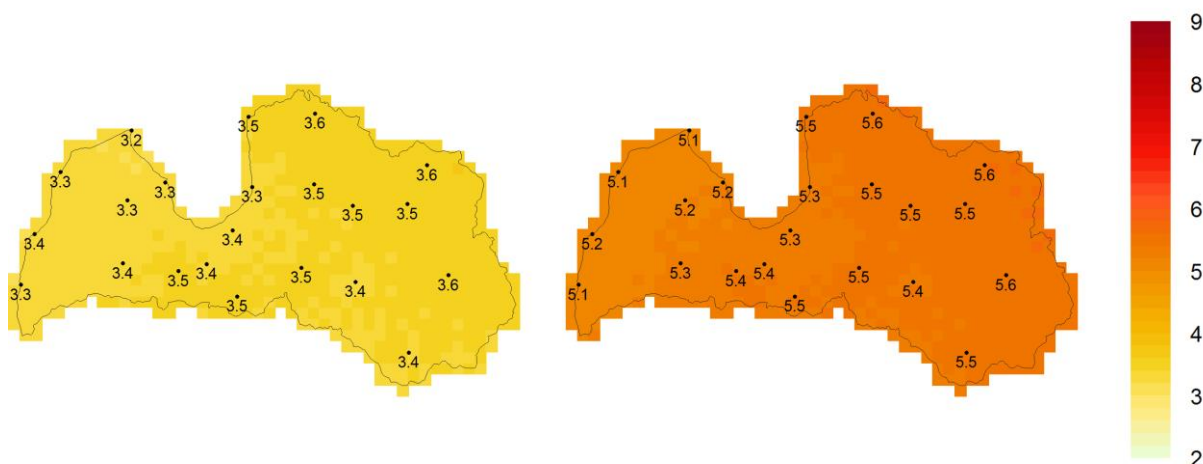
4.11. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sezonas vidējās minimālās (no kreisās puses augšējā rindā ziema, pavasaris, apakšējā rindā – vasara, rudens) gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija



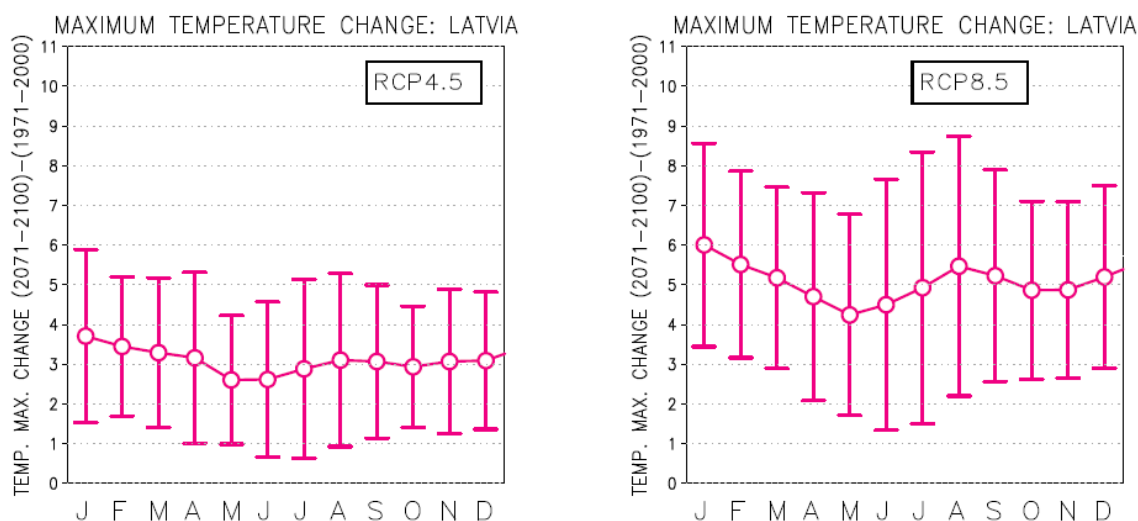
4.12. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sezonas vidējās minimālās (no kreisās puses augšējā rindā ziema, pavasaris, apakšējā rindā – vasara, rudens) gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija

**Maksimālā gaisa temperatūra** raksturo siltāko brīdi diennakts laikā, kas parasti ir saistīts ar pēcpusdienas stundām. Gada griezumā, vidējā maksimālā gaisa temperatūra Latvijā līdz gadsimta beigām palielināsies (4.13. attēls) par 3,3-3,6°C (RCP 4,5) un 5,1-5,6°C (RCP 8,5), kas ir mazākas izmaiņas, salīdzinot ar minimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņām. Maksimālās gaisa temperatūras izmaiņu raksturs sezonālā griezumā arī ir mazāk izteikts nekā minimālajai gaisa temperatūrai (4.14. attēls): lai gan arī pēc RCP 4,5 scenārija iezīmējas gaisa

temperatūras izmaiņu maksimums laika periodā no janvāra līdz aprīlim, kopumā gada laikā visos mēnešos maksimālā gaisa temperatūra paaugstināsies par vidēji 2,5-4°C, savukārt pēc RCP 8,5 scenārija par 4-6°C, turklāt šis scenārijs iezīmē divus izmaiņu maksimumus – laika periodā no janvāra līdz martam, kā arī no jūlija līdz septembrim, kad maksimālās gaisa temperatūras izmaiņas pārsniedz 5°C sliekšni.



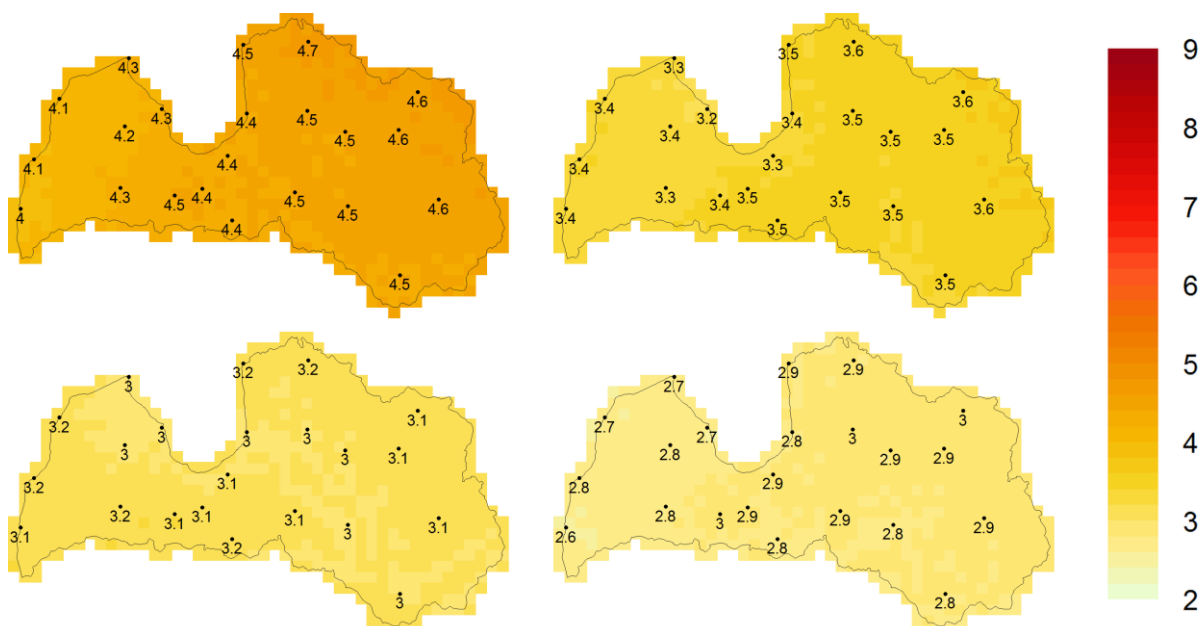
**4.13. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gada vidējās maksimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem**



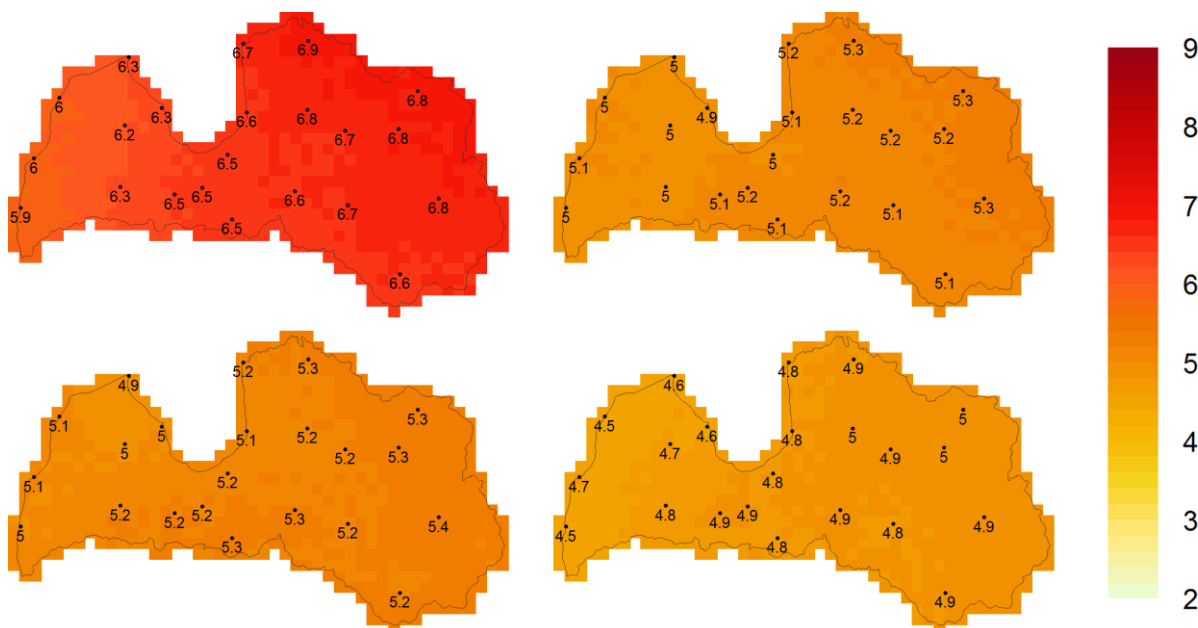
**4.14. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās mēneša vidējās maksimālās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C 2071.-2100.g. attiecībā pret 1971.-2000.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem (Ruostenoja et al., 2016)**

Teritoriāli visnozīmīgākā gaisa temperatūras paaugstināšanās līdz gadsimta beigām Latvijā gaidāma valsts austrumu daļā (4.15. un 4.16. attēls), kur – kā minēts iepriekš – būtiski paaugstināsies arī minimālās un vidējās gaisa temperatūras vērtības. Šīs teritoriālās iezīmes

raksturīgas visām sezonām, izņemot vasaru, kur maksimālās gaisa temperatūras paaugstināšanās tendence ir salīdzinoši vienmērīgi izteikta visā valsts teritorijā.



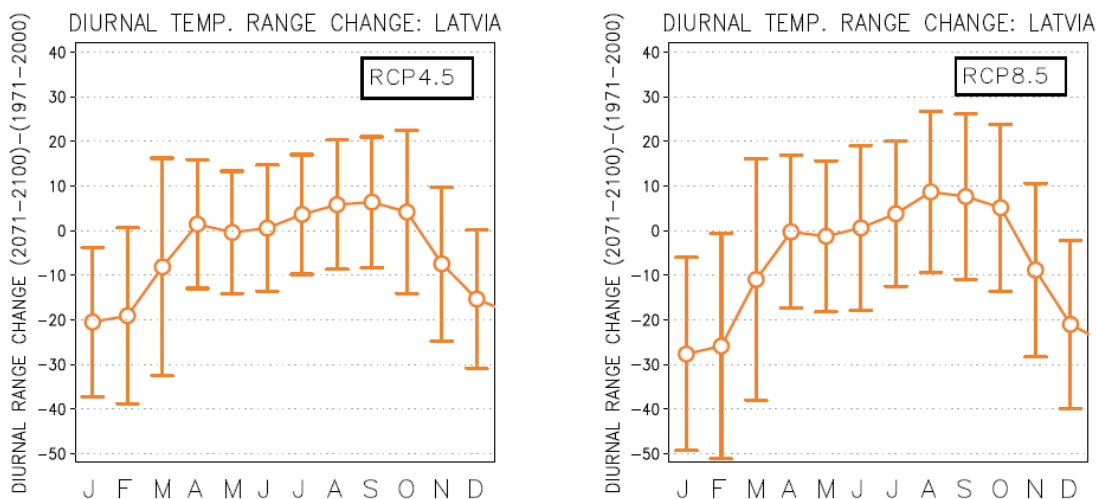
4.15. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sezonas vidējās maksimālās (no kreisās puses augšējā rindā ziema, pavasaris, apakšējā rindā – vasara, rudens) gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija



4.16. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sezonas vidējās maksimālās (no kreisās puses augšējā rindā ziema, pavasaris, apakšējā rindā – vasara, rudens) gaisa temperatūras vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija

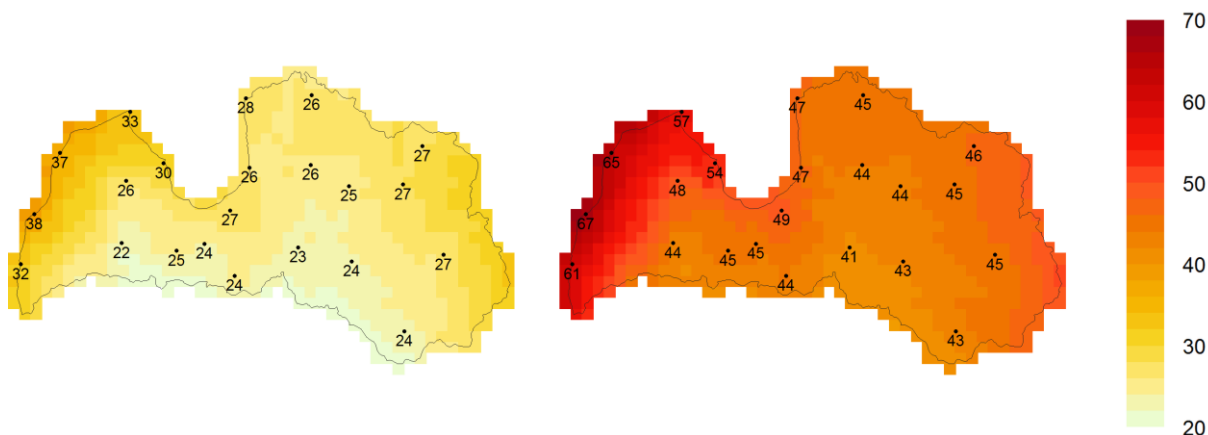
Līdz šim novērotā, kā arī nākotnes laika periodā prognozētā straujā gaisa temperatūras paaugstināšanās tieši uz minimālās gaisa temperatūras vērtību pieauguma rēķina, ievērojami ietekmēs arī **diennakts gaisa temperatūras amplitūdas** vērtības (4.17. attēls). Ja laika periodā no aprīļa līdz jūnijam nav gaidāmas būtiskas izmaiņas diennakts gaisa temperatūras amplitūdā,

tad periods no jūlija līdz oktobrim iezīmē diennakts gaisa temperatūras paaugstināšanos, kas varētu būt saistīta ar maksimālās gaisa temperatūras paaugstināšanos, savukārt laika periodā no novembra līdz martam diennakts gaisa temperatūras amplitūda pieaugošo minimālo gaisa temperatūru ietekmē var samazināties pat par vidēji 20-30%.

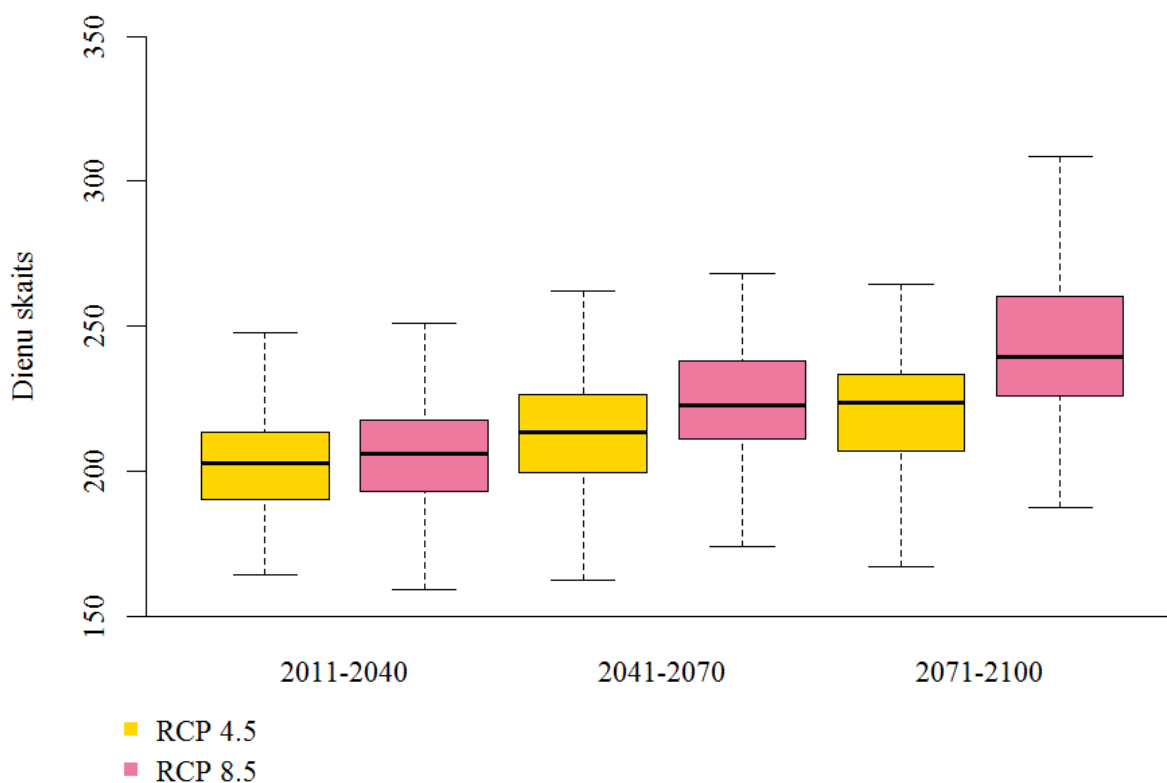


4.17. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās mēneša vidējās diennakts gaisa temperatūras amplitūdas vērtību izmaiņas (izmaiņas % 2071.-2100.g. attiecībā pret 1971.-2000.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem (Ruosteenoja et al., 2016)

Gaisa temperatūras paaugstināšanās būtiski ietekmēs arī augšanas sezonas ilgumu, kas līdz šim (laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam, skatīt 3.1.1. nodaļu) Latvijas teritorijā ir bijis vidēji 170-240 dienas, un līdz gadsimta beigām palielināsies par 22-37 dienām (RCP 4,5) vai par 41-67 dienām jeb pat diviem mēnešiem (RCP 8,5), pēc atsevišķu klimata ansambļu locekļu aprēķiniem sasniedzot pat vidēji 250-300 dienas gadā (4.18. un 4.19. attēls).

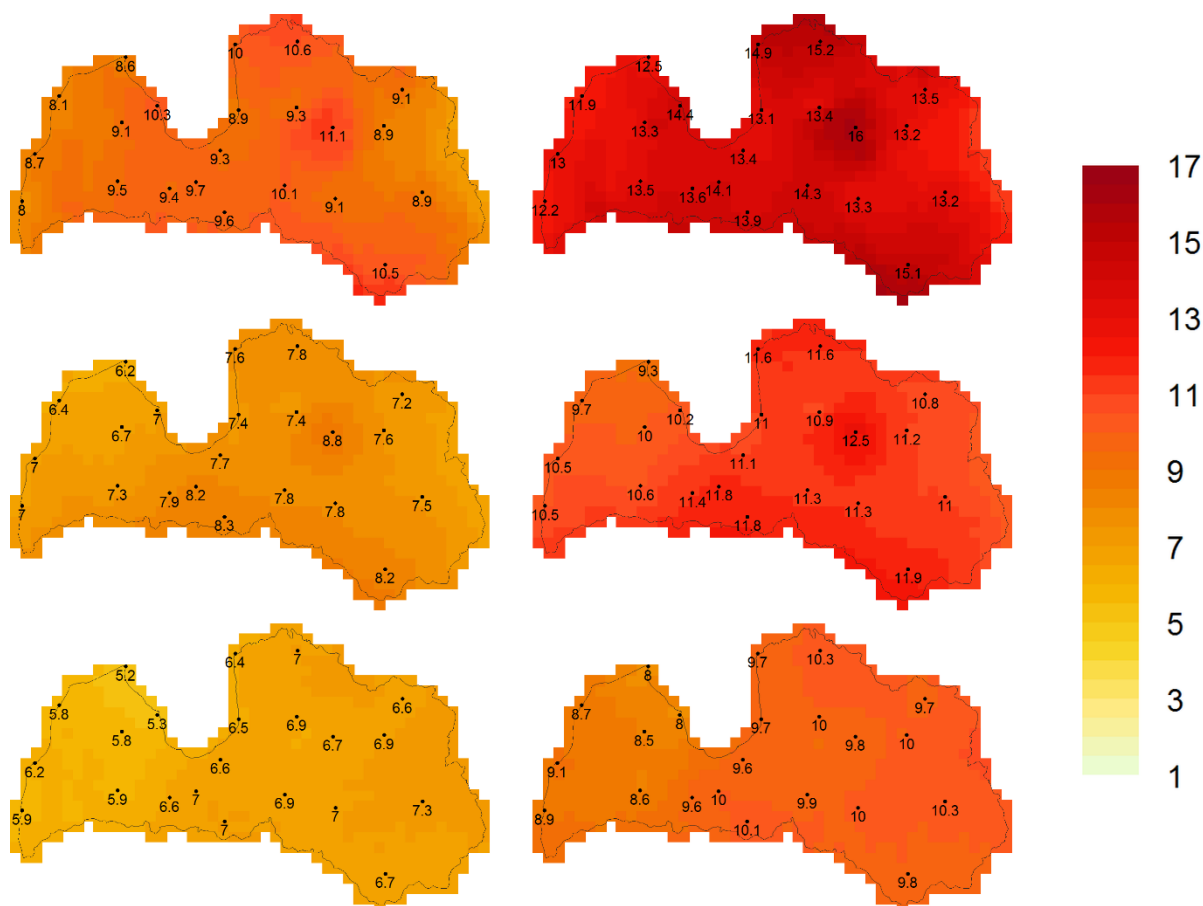


4.18. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās augšanas sezonas ilguma izmaiņas (izmaiņas dienu skaitā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem



4.19. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais augšanas sezonas ilgums (dienu skaits) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

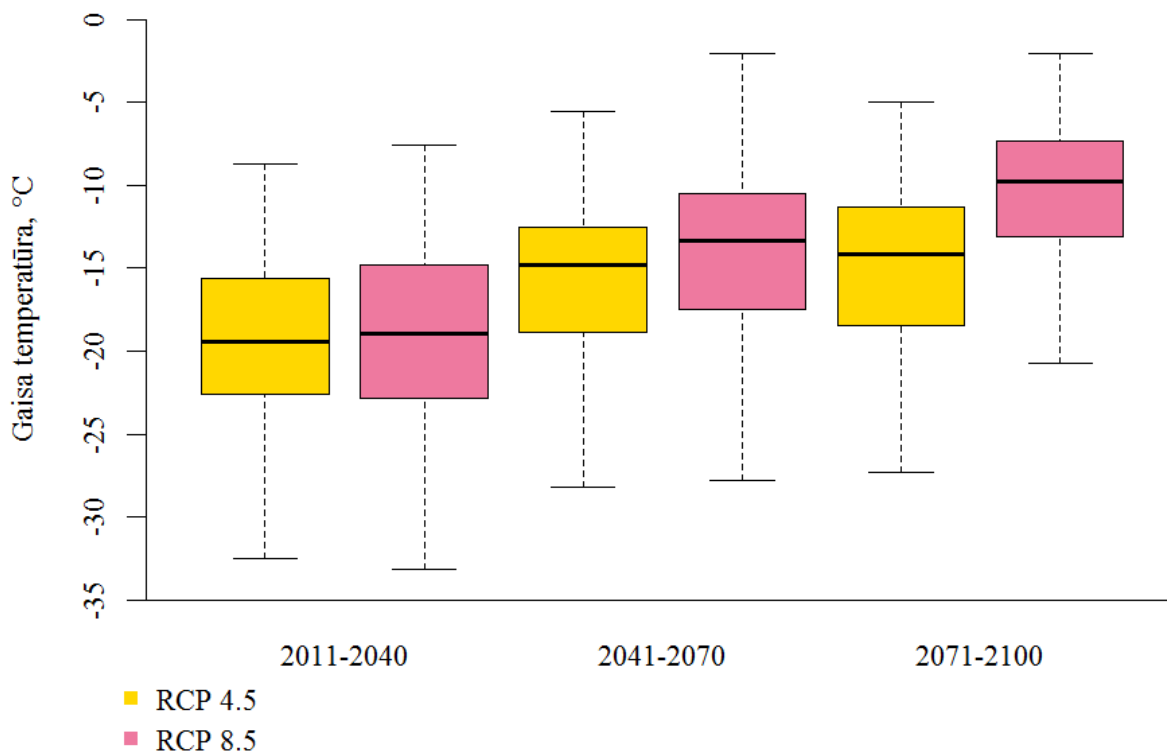
Daudz ievērojamāk par gaisa temperatūras rādītāju vidējo vērtību izmaiņām, sabiedrību un dabu ietekmē izmaiņas to augstākajās un zemākajās vērtībās, kas raksturo īpaši aukstas vai karstas dienas, naktis un diennaktis. Apskatot izmaiņas, kas skars diennakts **minimālās, vidējās un maksimālās gaisa temperatūras vērtības katra gada aukstākajā diennaktī** (4.20. attēls), uzskatāmi redzams, ka nākotnes laika periodā aukstas diennaktis raksturojošo gaisa temperatūras rādītāju vērtības atkarībā no klimata pārmaiņu scenārija paaugstināsies par 5,2-16°C. Visbūtiskākās izmaiņas līdz gadsimta beigām skars gada aukstākās naktis, kuru temperatūra pēc RCP 4,5 scenārija paaugstināsies par 8-11,1°C, bet pēc RCP 8,5 scenārija par 11,9-16°C, salīdzinot ar klimatiskās references perioda vērtībām. Arī gada aukstāko diennakšu gaisa temperatūra gadsimta beigās gaidāma par 6,2-8,8°C (RCP 4,5) vai 9,3-12,5°C (RCP 8,5) augstāka. Būtiskākās izmaiņas gada aukstāko nakšu un diennakšu gaisa temperatūras vērtībās gaidāmas valsts austrumos, īpaši Vidzemes augstienes apkārtnē, kur līdz šim klimatiski novēroti visaukstākie apstākļi ziemas sezonas laikā. Tāpat būtiskas izmaiņas skars arī Austrumlatvijas ziemeļu un dienvidu pierobežas reģionus. Attiecībā uz gada aukstāko dienu maksimālo gaisa temperatūru, līdz gadsimta beigām gaidāmās izmaiņas sasniegs 5,2-7°C (RCP 4,5) vai 8-10,3°C (RCP 8,5), tomēr šīs izmaiņas, lai arī vairāk skars valsts austrumu daļu, būs telpiski vienmērīgāk sadalītas.



**4.20. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gaisa temperatūras rādītāju (no augšas diennakts minimālās, vidējās un maksimālās gaisa temperatūras) minimālo vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem**

Prognozētais gaisa temperatūras raksturlielumu vērtību pieaugums gadsimta gaitā būs pakāpenisks (4.21.-4.23. attēls). Tuvākajā 30 gadu ilgajā periodā no 2011. līdz 2040. gadam pēc abu klimata pārmaiņu prognozēm vidēji Latvijā varam sagaidīt diennaktis ar minimālo gaisa temperatūru ap  $-20^{\circ}\text{C}$ , turklāt atsevišķi klimata modeļu ansambļa locekļi pieļauj gaisa temperatūras pazemināšanos zem  $-30^{\circ}\text{C}$  atzīmes, tomēr atsevišķi ansambļa locekļi pat gada aukstākajās naktīs vairs neprognozē gaisa temperatūru zemāku par  $-10^{\circ}\text{C}$ . Gaisa temperatūras paaugstināšanās turpinās arī turpmākajos divos 30 gadu periodos līdz gadsimta beigām (2041.-2070.g. un 2071.-2100.g.), tomēr šajā periodā klimata pārmaiņu scenāriju atšķirības nosaka arī atšķirīgas gaisa temperatūras paaugstināšanās gaitas. Atbilstoši RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārijam, kad SEG emisijas gadsimta vidū tiek samazinātas, arī gaisa temperatūras paaugstināšanās apmēri gadsimta vidū mazinās, kamēr pēc RCP 8,5 scenārija ar turpmāku emisiju pieaugumu visa gadsimta gaitā gaisa temperatūras vērtību pieaugums turpinās, un tiek prognozēts, ka gadsimta otrajā pusē gada aukstākajās naktīs gaisa temperatūra pazemināsies

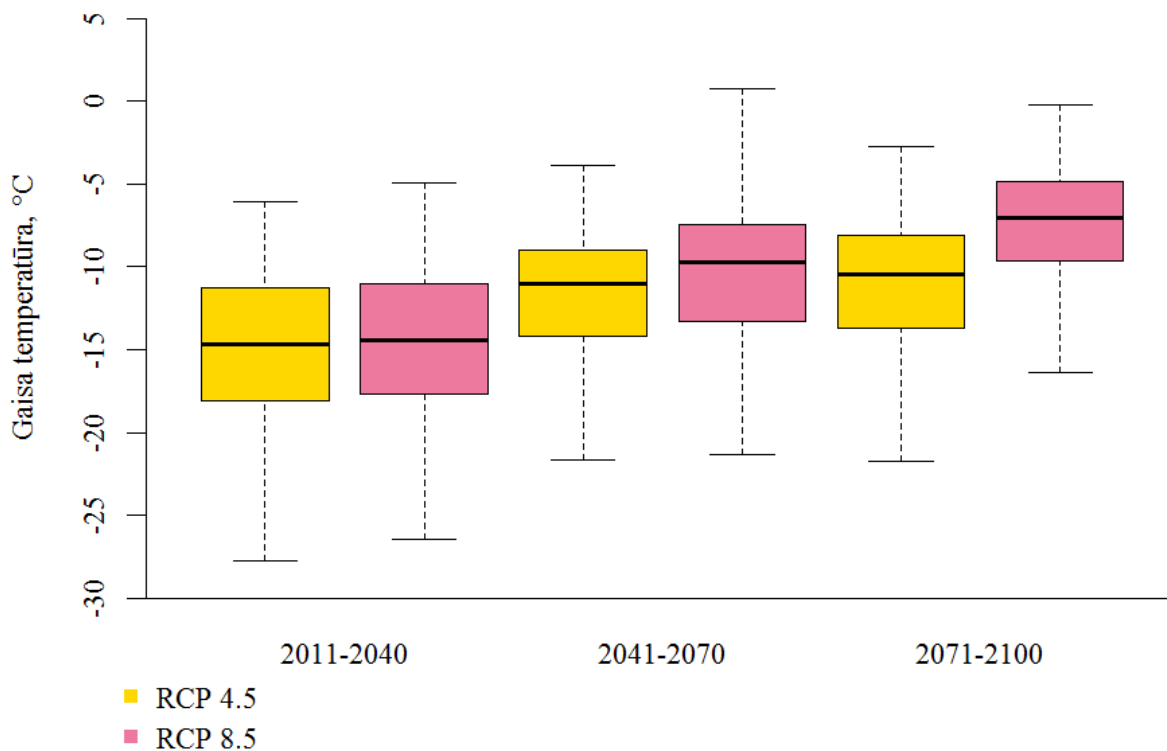
līdz vidēji tikai -10...-15°C (no -2,5°C līdz -27°C pēc atsevišķu modeļu ansambļa locekļu prognozēm).



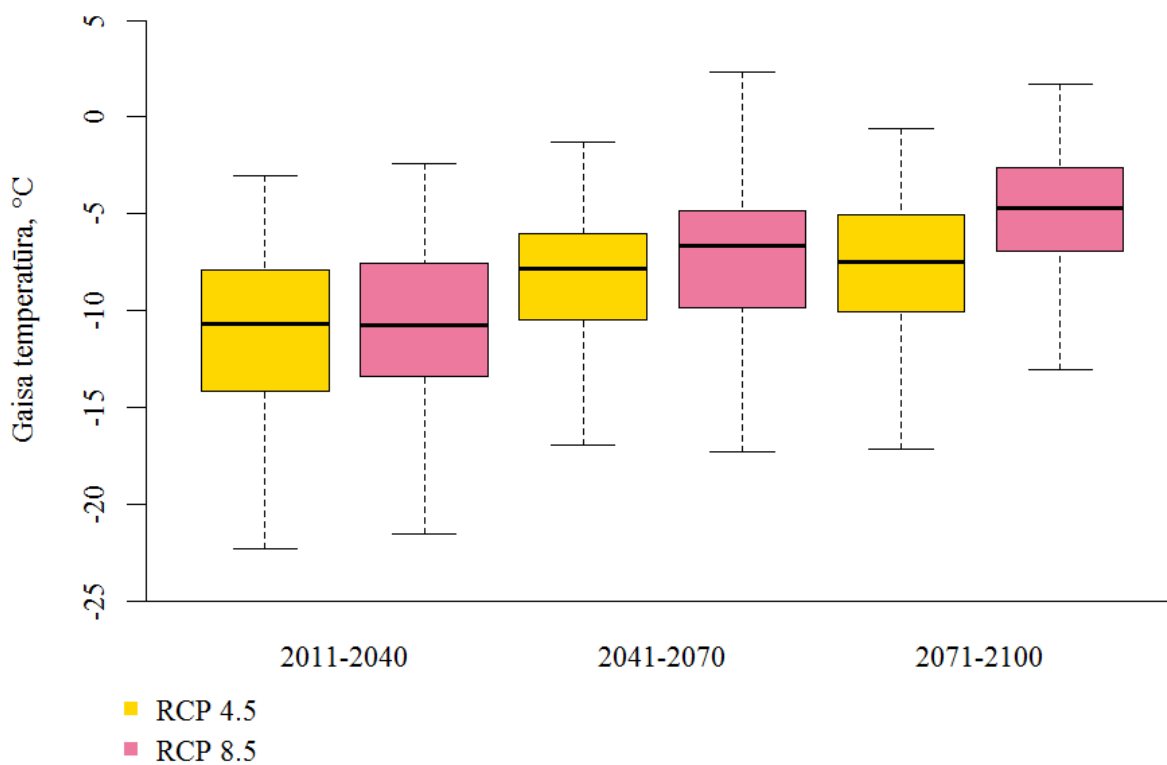
**4.21. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās diennakts minimālās gaisa temperatūras minimālās vērtības (°C) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem**

Līdzīgi arī gada aukstāko diennakšu vidējā un maksimālā gaisa temperatūra tuvākajā laika periodā būs atbilstoši ap -15°C un ap -10°C, bet turpmāk emisiju saglabāšanas scenārija ietvaros līdz gadsimta beigām paaugstināsies līdz aptuveni -7°C un -5°C. Turklāt atsevišķi modeļu ansambļa locekļi prognozē, ka pat aukstākajās diennaktīs gan diennakts vidējā, gan maksimālā gaisa temperatūra varētu būt tuva 0° atzīmei un pat nedaudz to pārsniegt.



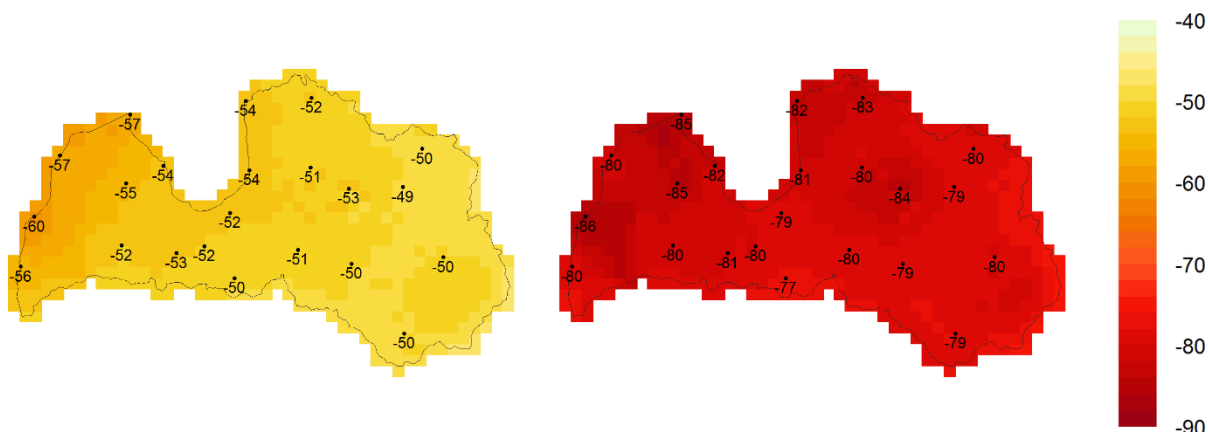


4.22. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās diennakts vidējās gaisa temperatūras minimālās vērtības (°C) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

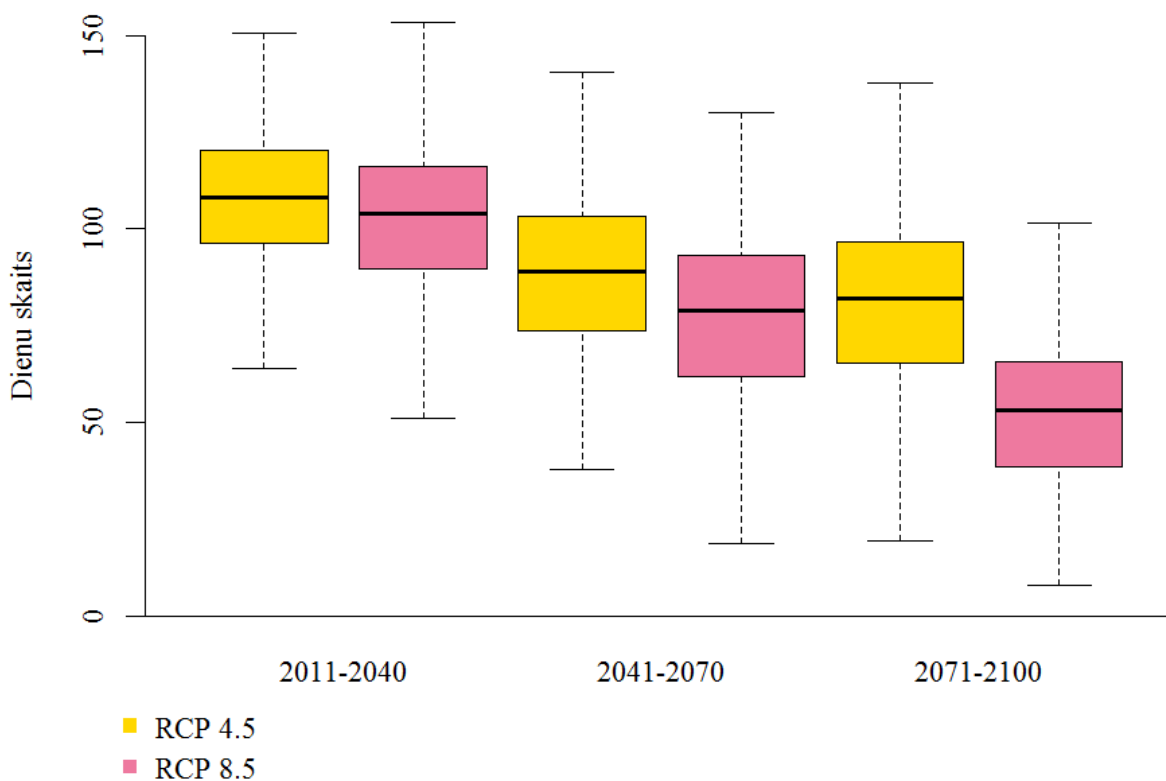


4.23. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās diennakts maksimālās gaisa temperatūras minimālās vērtības (°C) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

Izmaiņas ekstremāli aukstu apstākļu raksturā iespējams aprakstīt arī, analizējot to dienu skaitu, kas pārsniedz noteiktas gaisa temperatūras vērtību robežas. Tādējādi, apskatot **sala dienu skaita** izmaiņas, tiek raksturotas izmaiņas to dienu atkārtotības biežumā, kad diennakts minimālā gaisa temperatūra pazeminās zem 0°C atzīmes. Atbilstoši klimata modeļu aprēķiniem, gadsimta beigās sala dienu skaits Latvijā samazināsies par 50-80 dienām, jeb sala sezonas garums varētu sarukt par aptuveni diviem mēnešiem (4.24. attēls).



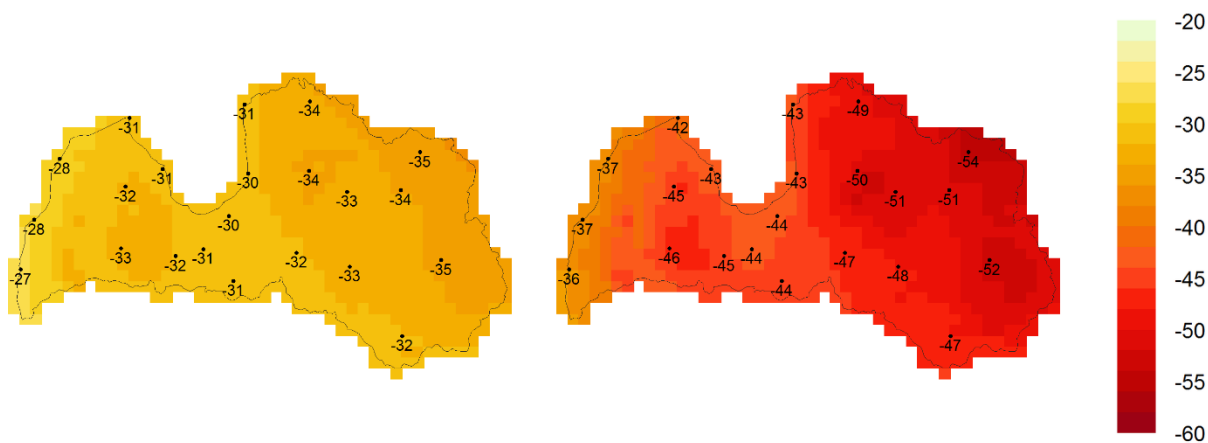
4.24. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sala dienu skaita izmaiņas (izmaiņas dienu skaitā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem



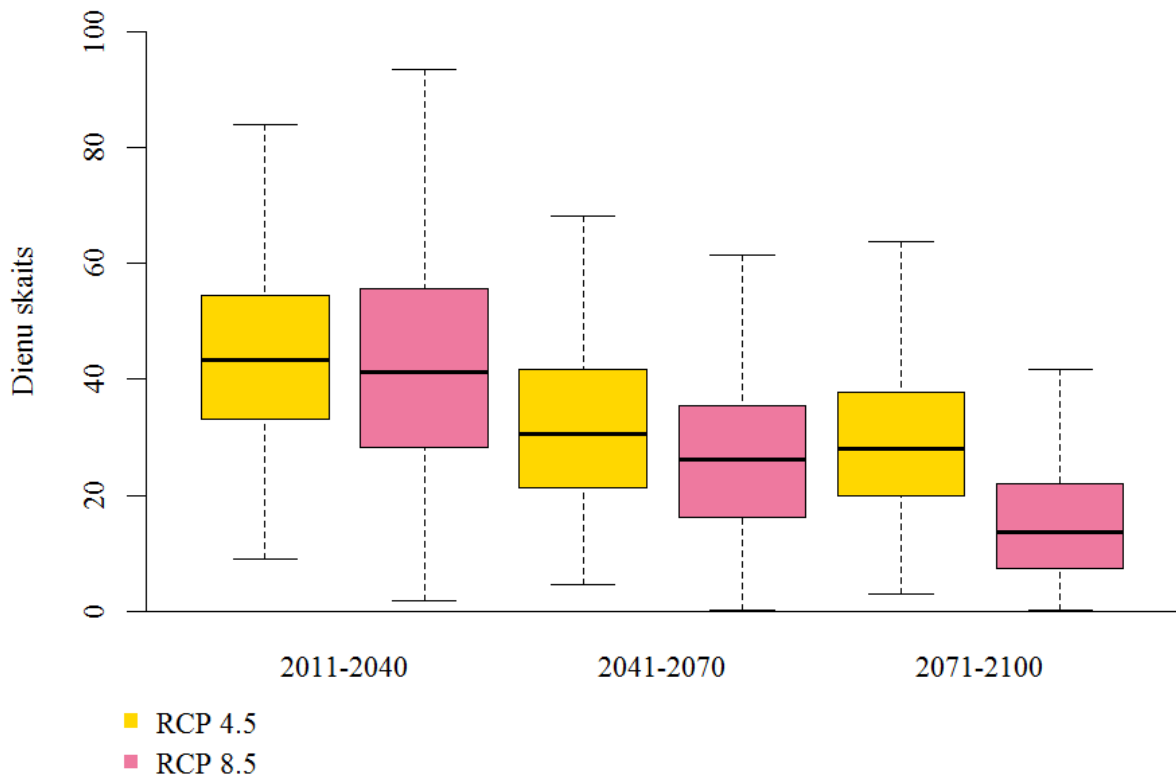
4.25. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais sala dienu skaits Latvijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

Ja līdzšinējā laika periodā Latvijas teritorijā bijušas vidēji 78-157 sala dienas gadā (skatīt 3.1.2. nodaļu), tad līdz gadsimta beigām pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija to skaits samazināsies līdz vidēji 80 dienām gadā, savukārt pēc RCP 8,5 scenārija – pat līdz vidēji 50 dienām (4.25. attēls). Turklāt atsevišķi modeļu ansambļa locekļi pēc abu scenāriju apstākļiem sala dienu skaita samazinājumu zem 50 dienas prognozē jau sākot ar 2041.-2070.g. periodu.

Vēl spēcīgāka sala apstākļus raksturo ikgadējais **dienu bez atkušņa skaits**, jeb to dienu skaits, kad ne tikai diennakts minimālā, bet arī maksimālā gaisa temperatūra ir zemāka par 0°C. Šādas dienas ir retākas un līdz šim Latvijas teritorijā ir svārstījušās no vidēji 21 dienas siltākos gados līdz 98 dienām gados ar bargākām ziemām (skatīt 3.1.2. nodaļu). Atbilstoši klimata modeļu aprēķiniem, dienu bez atkušņa skaits pēc RCP 4,5 scenārija līdz gadsimta beigām samazināsies par 27-35 dienām, bet pēc pesimistiskā RCP 8,5 scenārija – pat par 36-54 dienām (4.26. attēls). Tuvākajā 30 gadu periodā no 2011. līdz 2040. gadam vidēji Latvijā dienu bez atkušņa skaits vēl varētu svārstīties 40-50 dienu robežās, bet turpmākajos periodos samazināties līdz aptuveni 30 dienām, pēc RCP 8,5 scenārija laika periodā no 2071. līdz 2100. gadam pat līdz mazāk nekā 20 dienām (4.27. attēls). Turklāt svarīgi pieminēt, ka visā apskatītajā nākotnes laika periodā atsevišķi modeļu ansambļa locekļi prognozē dienu bez atkušņa skaitu vidēji 0-10 dienu robežās, kas norāda uz siltu ziemas sezonu iespējamību pat jau tuvākajā nākotnes periodā.

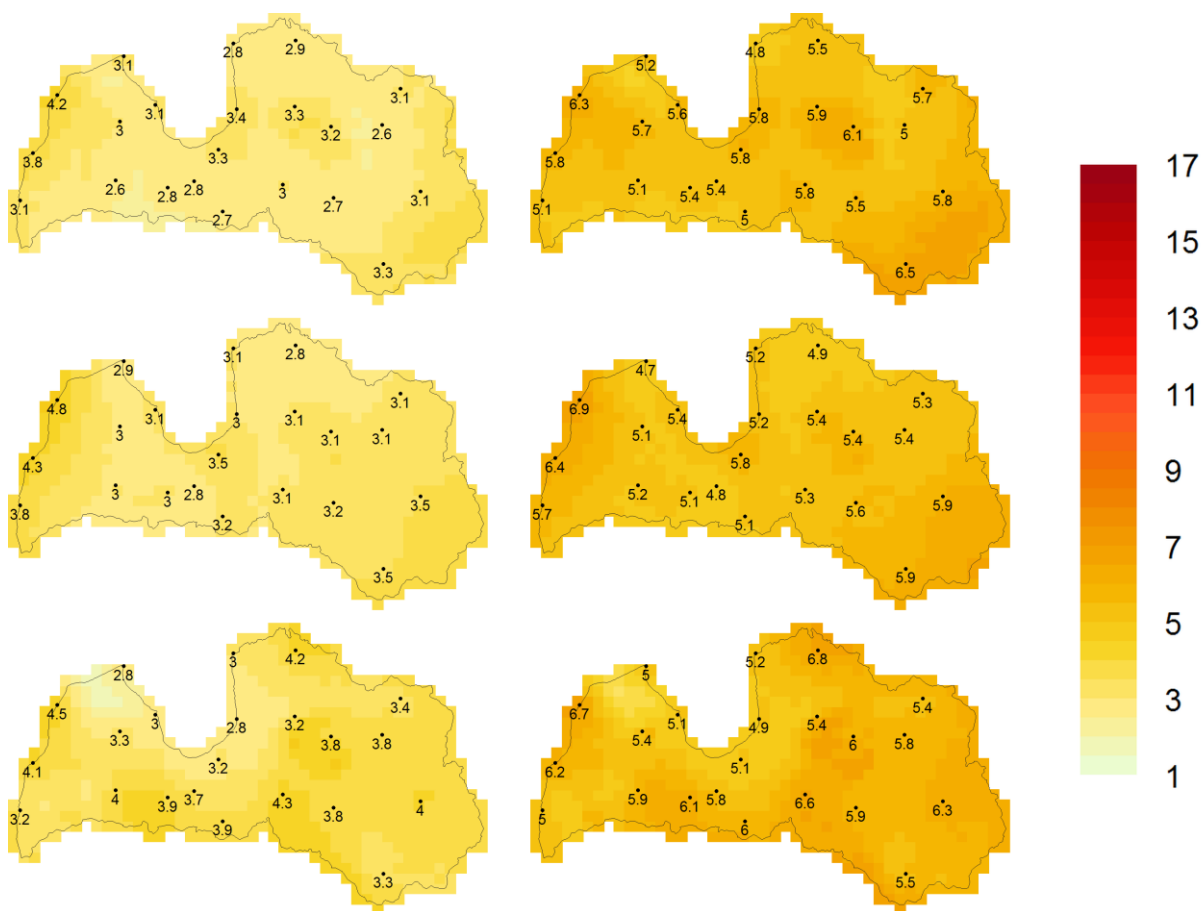


4.26. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās dienu bez atkušņa skaita (izmaiņas dienu skaitā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem



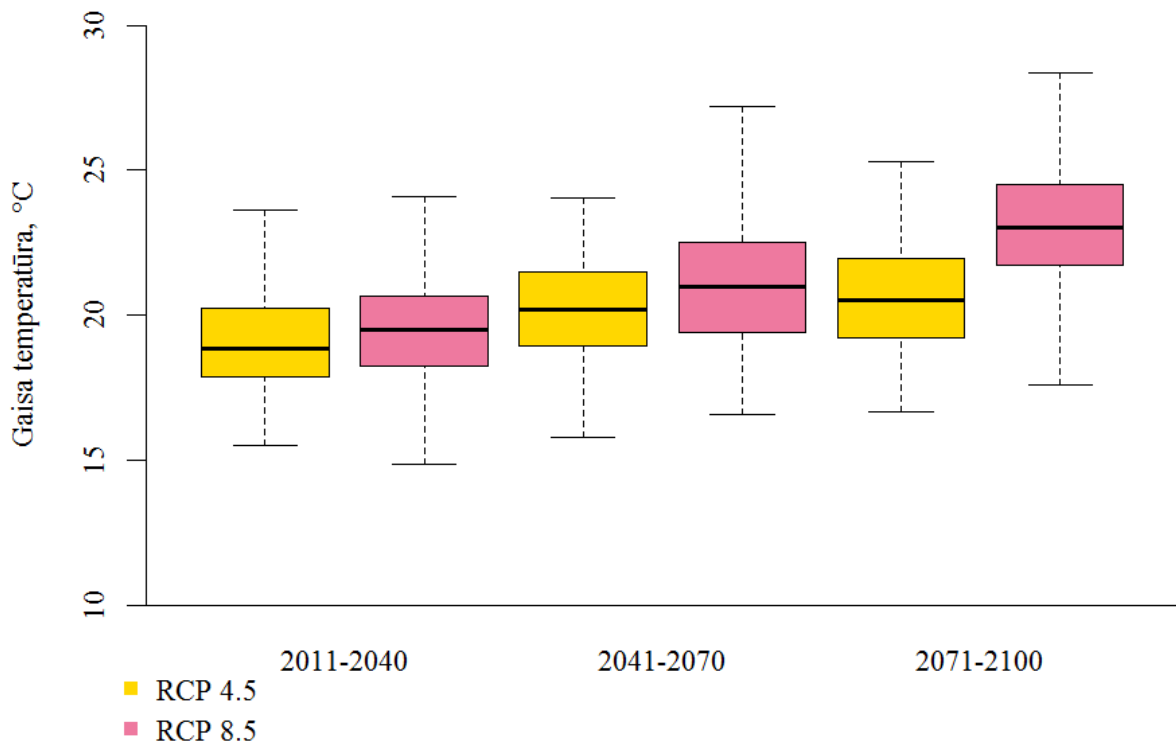
4.27. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais dienu bez atkušņa skaits Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

Atšķirībā no iepriekš aprakstītajiem aukstas diennaktis raksturojošajiem gaisa temperatūras rādītājiem, gada karstākās dienas raksturo **gada gaitā augstākās diennakts minimālās, vidējās un maksimālās gaisa temperatūras vērtības.** Šīm karstuma ekstrēmām raksturojošām gaisa temperatūras vērtībām tiek prognozētas izmaiņu ziņā nelielākas pārmaiņas nekā ekstremāli aukstu dienu raksturlielumiem (4.28. attēls). Pēc klimata modeļu aplēsēm visu triju gada karstāko diennakšu raksturojošo parametru vērtības līdz gadsimta beigām paaugstināsies par 2,6-4,8°C pēc RCP 4,5 vai par 4,7-6,9°C pēc RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija. Gada siltākajām naktīm un diennaktīm lielāks gaisa temperatūras vērtību pieaugums gaidāms Baltijas jūras piekrastē, kā arī dažviet valsts austrumu daļā, savukārt gada karstāko dienu raksturojošās diennakts maksimālās gaisa temperatūras vērtības būtiski paaugstināsies arī valsts dienvidu rajonos.

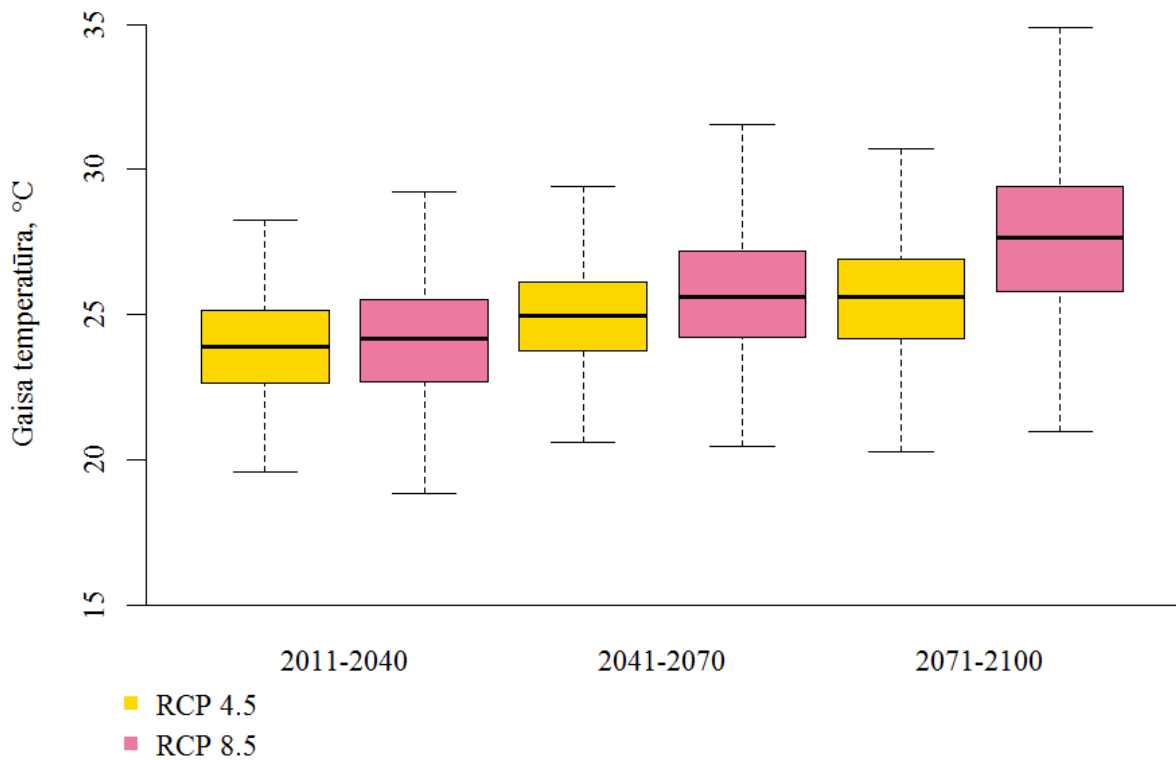


**4.28. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gaisa temperatūras rādītāju (no augšas diennakts minimālās, vidējās un maksimālās gaisa temperatūras) maksimālo vērtību izmaiņas (izmaiņas °C, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem**

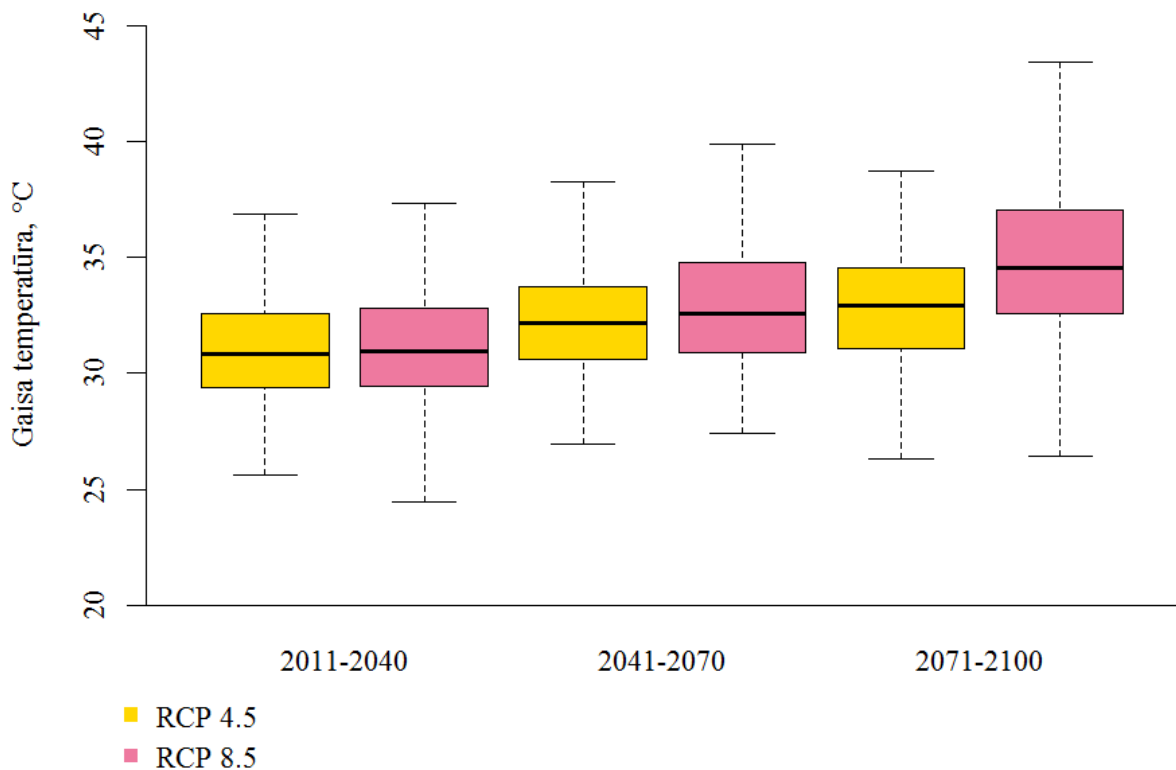
Tuvākajā 30 gadu periodā sagaidāms, ka vidēji Latvijā gada siltākajās diennaktīs diennakts minimālā gaisa temperatūra būs tikai nedaudz zemāka par +20°C, diennakts vidējā gaisa temperatūra gaidāma +23...+25°C robežās, savukārt maksimālā stabili pārsniegs +30°C atzīmi (4.29.-4.31. attēls). Turpmākas pasiltināšanās rezultātā līdz gadsimta beigām iespējama vēl krasāka gaisa temperatūras paaugstināšanās, ievērojami palielinot karstu nakšu (piemēram, tropisko nakšu jeb nakšu ar minimālo gaisa temperatūru augstāku par +20°C) un diennakšu īpatsvaru. Tāpat arī ekstremāli karstu dienu laikā atkarībā no klimata pārmaiņu scenārija un modeļu ansambļa locekļa gaisa temperatūra vidēji Latvijā var sasniegt pat +35°C un vairāk. Šādas ekstremāli augstu gaisa temperatūras vērtību izmaiņu tendences ievērojami palielina vasaras karstuma viļņu radīto negatīvo ietekmju risku, kas īpaši aktuāls ir lielu un blīvi apbūvētu pilsētu aglomerācijās. Ilgstoša karstuma apstākļiem raksturīga augstas gaisa temperatūras saglabāšanās arī nakts stundās, kas vēl vairāk pastiprina karstuma radīto slodzi uz cilvēka organismu, pakļaujot briesmām šo ietekmju riska grupās esošos cilvēkus.



4.29. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās diennakts minimālās gaisa temperatūras maksimālās vērtības (°C) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

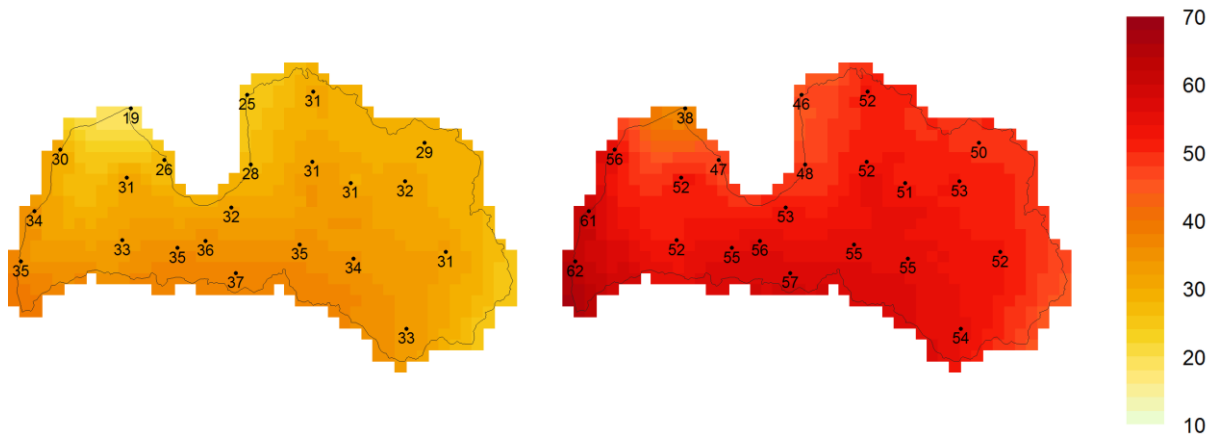


4.30. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās diennakts vidējās gaisa temperatūras maksimālās vērtības (°C) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

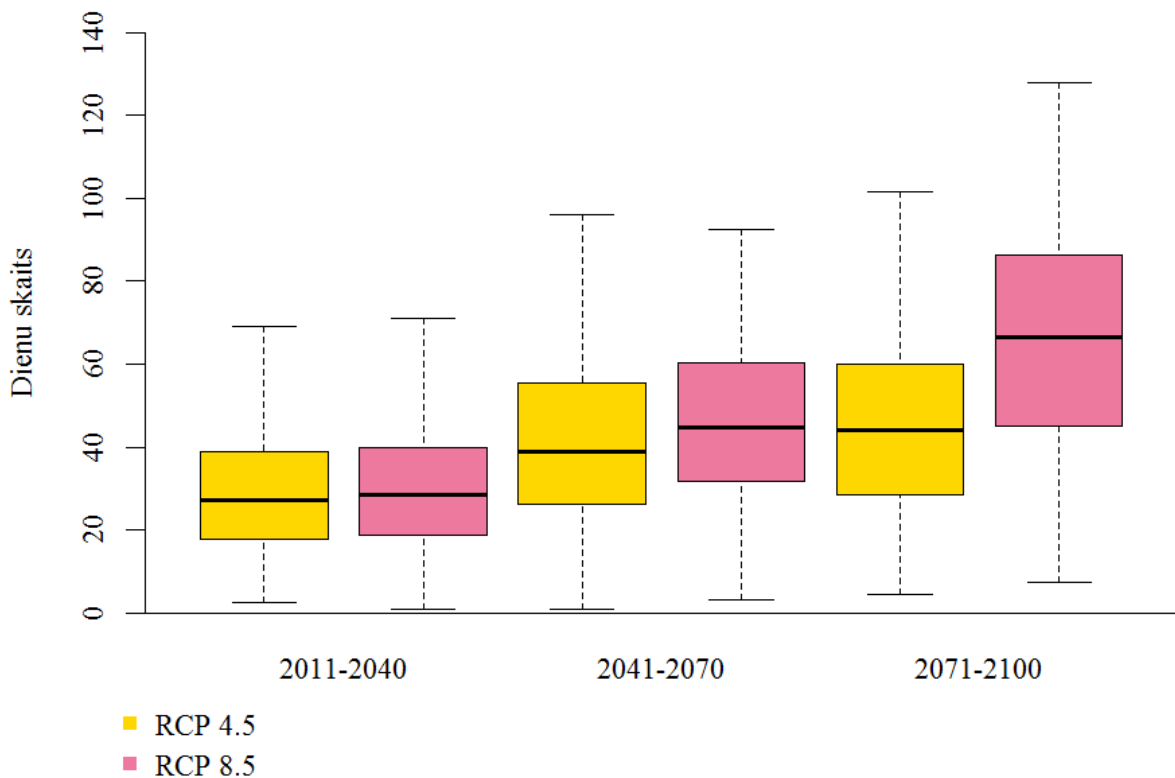


4.31. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās diennakts maksimālās gaisa temperatūras maksimālās vērtības (°C) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

Ekstremāli karstu laika apstākļu atkārtojamību iespējams raksturot, izmantojot uz gaisa temperatūras vērtībām balstītus raksturlielumus, piemēram, vasaras dienu un tropisko nakšu skaitu. **Vasaras dienas** ir tās dienas, kad diennakts maksimālā gaisa temperatūra pārsniedz +25°C, un vidēji Latvijas teritorijā vēsturiskajā periodā to skaits svārstās no 1 dienas vēsākos gados līdz 39 dienām gados ar karstākām vasarām (skatīt 3.1.2. nodaļu). Turpinoties novērotajai un prognozētajai gaisa temperatūras paaugstināšanās tendencei, nākotnes periodā gaidāma vasaras dienu skaita palielināšanās, un šī gadsimta beigās Latvijā varam piedzīvot par 19-62 dienām vairāk vasaras dienu (4.32. attēls). Laika periodā no 2011. līdz 2040. gadam Latvijā prognozētas vidēji 25-30 vasaras dienas, un atsevišķi klimata modeļi paredz arī neliela vasaras dienu skaita iespējamību (4.33. attēls). Tomēr turpmāk līdz gadsimta beigām pēc RCP 4,5 scenārija veiktās klimata prognozes norāda uz vasaras dienu skaita palielināšanos līdz vidēji 40-50 dienām, pieļaujot iespēju novērot pat teju trim kalendārajiem mēnešiem atbilstošu vasaras dienu skaitu. Savukārt pēc RCP 8,5 scenārija prognozēm vasaras dienu skaits gadsimta beigās varētu vidēji sasniegt 60 dienas.



4.32. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās vasaras dienu skaita izmaiņas (izmaiņas dienu skaitā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem

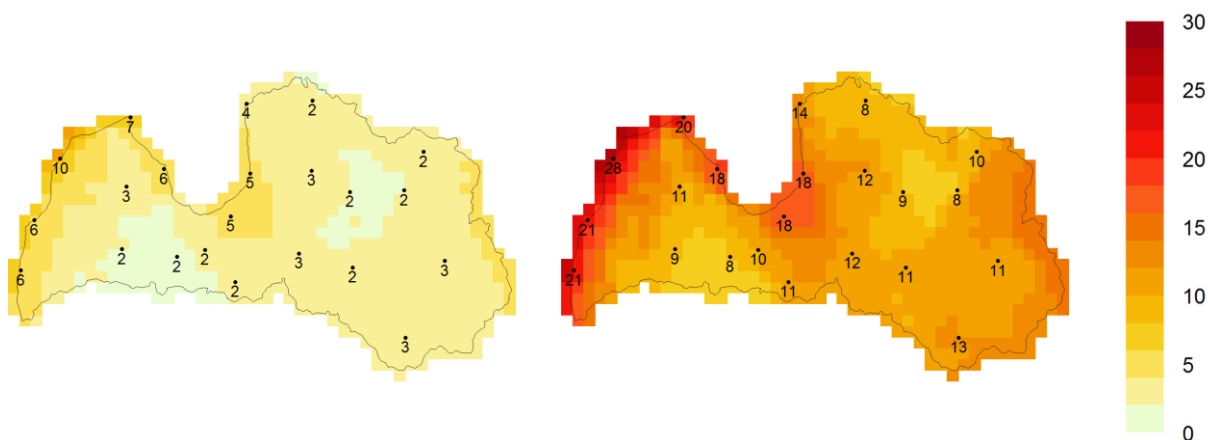


4.33. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais vasaras dienu skaits Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

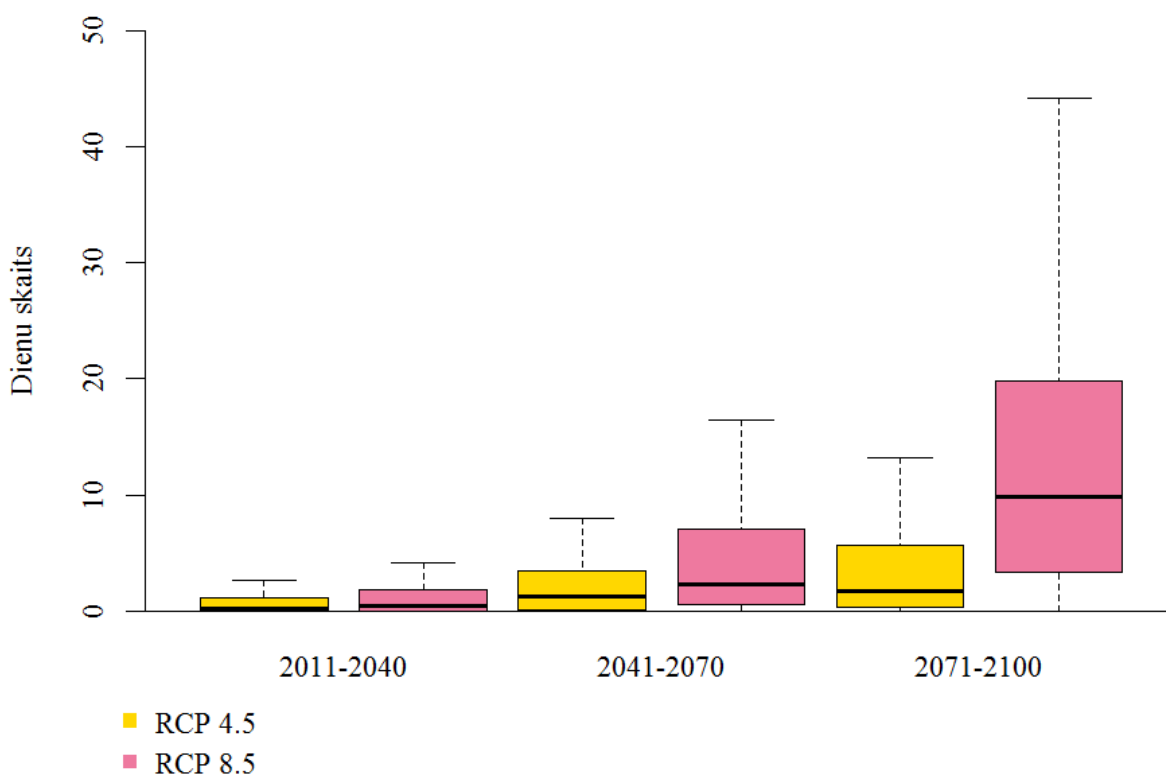
Līdz šim ekstremāli karstas nakts, kas raksturotas ar **tropisko nakšu** definīciju (dienas, kad diennakts minimālā gaisa temperatūra nav zemāka par +20°C) Latvijā novērotas salīdzinoši reti: no nevienas līdz vidēji 4 dienām gadā (skatīt 3.1.2. nodaļu). Tomēr līdz ar prognozēto gaisa temperatūras paaugstināšanos īpaši uz minimālās gaisa temperatūras rēķina, nākotnē Latvijā sagaidāms būtisks šo ekstremāli karsto nakšu skaita pieaugums (4.34. attēls), un pēc RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija aplēsēm gadsimta beigās tropisko nakšu skaits varētu sasniegt pat vidēji 8-10 dienas gadā (4.35. attēls). Visvairāk tropisko nakšu pieauguma riskam pakļautas



Baltijas jūras piekrastes teritorijas, kā arī reģions Rīgas līča dienvidos, kas ietver arī Rīgas pilsētas novietojumu.



4.34. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās tropisko nakšu skaita izmaiņas (izmaiņas dienu skaitā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem



4.35. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais tropisko nakšu skaits Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

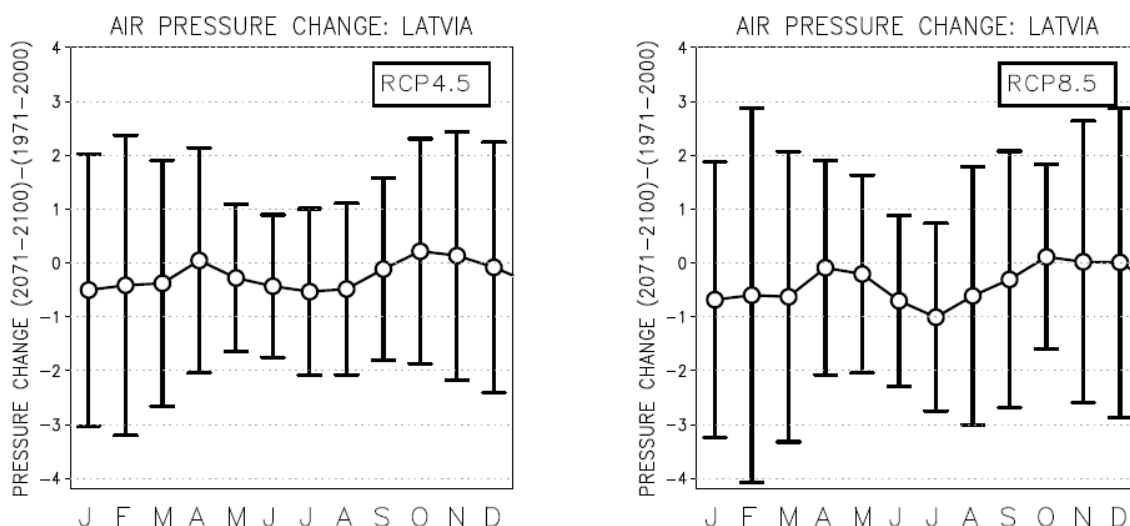
Balstoties uz Baltijas jūras reģionā veiktiem pētījumiem (Jylhä et al., 2015), kā arī šī pētījuma rezultātiem var secināt, ka Eiropas ziemeļu daļā, kā arī Latvijā, ziemas sezonā gaidāma būtiska gaisa temperatūras ikdienas mainības samazināšanās, savukārt vasaras sezonā šādas

izmaiņas netiek prognozētas. Līdz ar to paredzams, ka ziemas sezonā ekstremāli zemo gaisa temperatūru paaugstināšanās apmēri būs ievērojami straujāki par sezonas mēnešu vidējo gaisa temperatūru pieaugumu – ziemas sezonas termālie apstākļi nākotnē kļūs mazāk ekstremāli nekā līdz šim. Savukārt atšķirīgas tendences novērojamas vasaras sezonā attiecībā uz ekstremāli augstām gaisa temperatūrām – tiek prognozēta līdzvērtīga un stabila paaugstināšanās gan ekstremāli augsto gaisa temperatūru, gan arī sezonas mēnešu vidējo gaisa temperatūru vērtībās.

#### 4.4. Atmosfēras nokrišņu rādītāju izmaiņas Latvijā līdz 2100. gadam

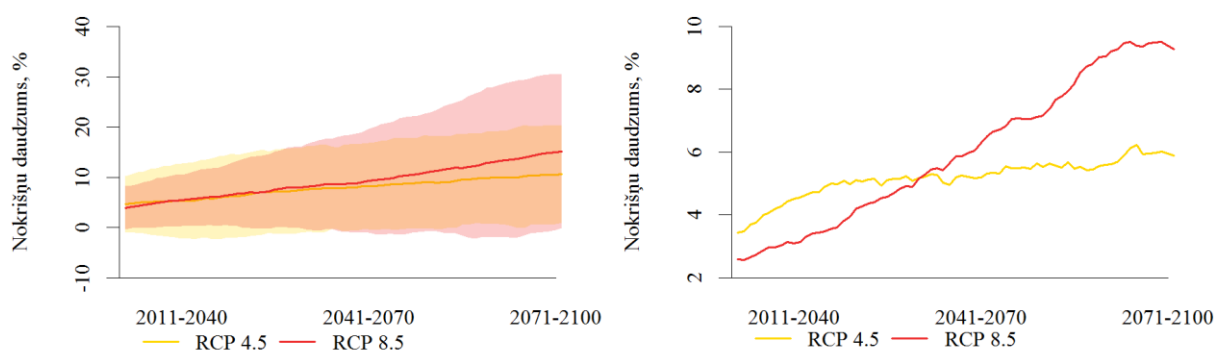
Līdzšinējo klimata pārmaiņu izpausmes Latvijas teritorijā ir iezīmējušas kopējā atmosfēras nokrišņu daudzuma un intensitātes palielināšanos, kā arī pieaugošu stipru nokrišņu gadījumu skaitu (skatīt 3.2. nodaļu), un tiek prognozēts, ka šādas tendences Latvijā, līdzīgi kā citviet Ziemeļeiropā (The BACC II Author Team, 2015), turpināsies arī visa šī gadsimta laikā.

Atmosfēras nokrišņu intensitātes un biežuma raksturs ir cieši saistīts ar valdošajām plūsmām atmosfērā, ko nosaka liela mēroga atmosfēras cirkulācijas procesi. Balstoties uz globālo klimata modeļu aprēķiniem, ir gaidāms, ka līdz gadsimta beigām atmosfēras spiediens Latvijā par vidēji 0 līdz 1 hPa pazemināsies (4.36. attēls), un īpaši izteiktas šīs izmaiņas būs laika periodos no decembra līdz martam, kā arī no maija līdz septembrim. Pazemināta atmosfēras spiediena apstākļi varētu būt saistīti ar palielinātu ciklonu aktivitāti reģionā, kas tipiski iezīmē mākoņiem un nokrišņiem bagātus apstākļus.

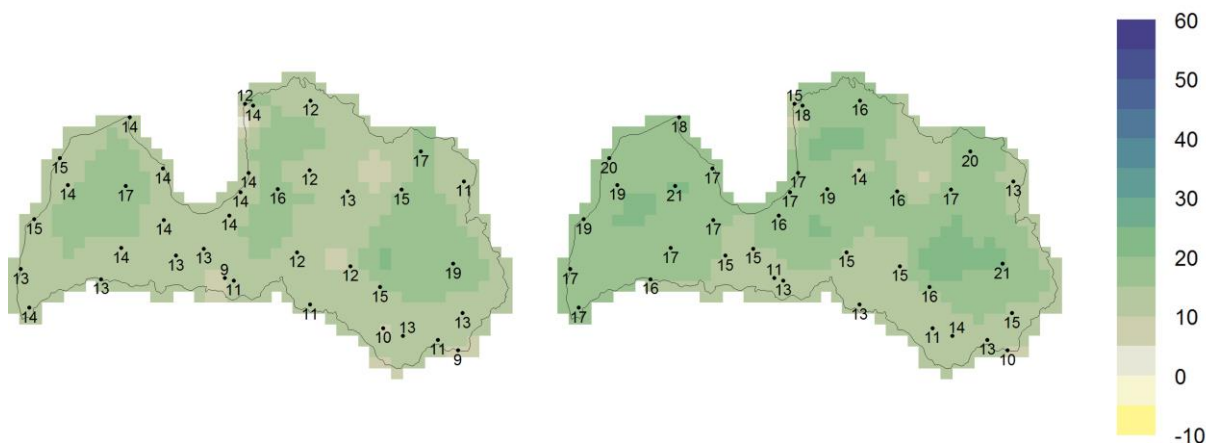


4.36. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās mēneša vidējās atmosfēras spiediena jūras līmenī vērtību izmaiņas (izmaiņas hPa 2071.-2100.g. attiecībā pret 1971.-2000.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem (Ruosteenoja et al., 2016)

Arī globālo klimata modeļu prognozētās izmaiņas gada **kopējā atmosfēras nokrišņu daudzumā** iezīmē kopējā nokrišņu daudzuma palielināšanos Latvijā, kas pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija līdz gadsimta beigām varētu sasniegt ap 10%, bet pēc RCP 8,5 scenārija ap 15% virs 1971.-2000. gada vidējās vērtības (4.37. attēls). Teritoriāli (4.38. attēls) mērenu klimata pārmaiņu apstākļos gaidāmās izmaiņas vērtējamas 9-19% robežās, bet stipru pārmaiņu apstākļos tās līdz gadsimta beigām var pieaugt par 10-21%, izmaiņām visbūtiskāk skarot Kurzemes centrālo daļu, kā arī Austrumlatvijas reģionu.



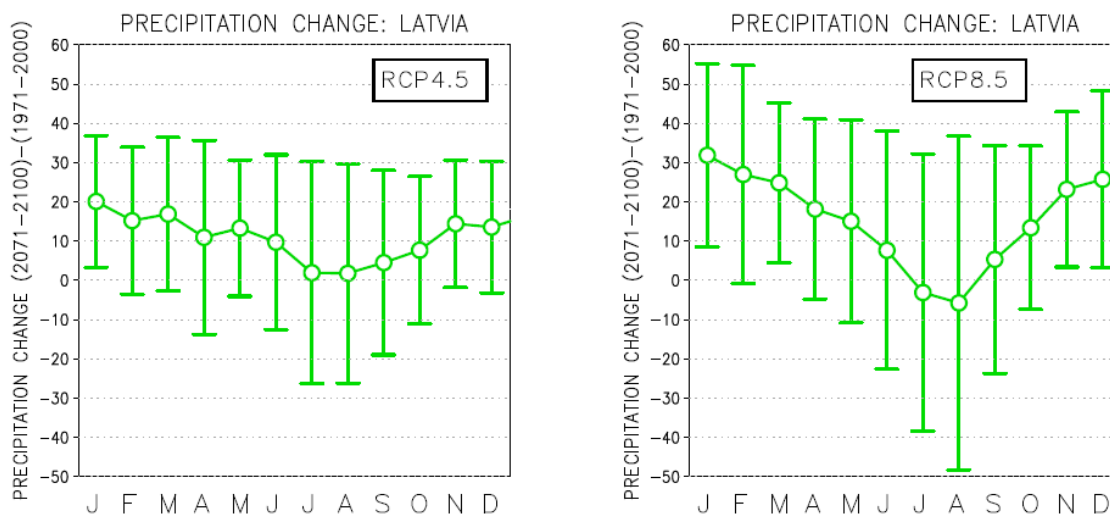
4.37. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gada kopējā atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņu projekcijas (pa kreisi: izmaiņas % attiecībā pret 1971.-2000. g. vērtībām) un prognožu nenoteiktība (pa labi: nenoteiktība izteikta kā standartnovirze, %) Latvijas teritorijai



4.38. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gada kopējā atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņas (izmaiņas %, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem

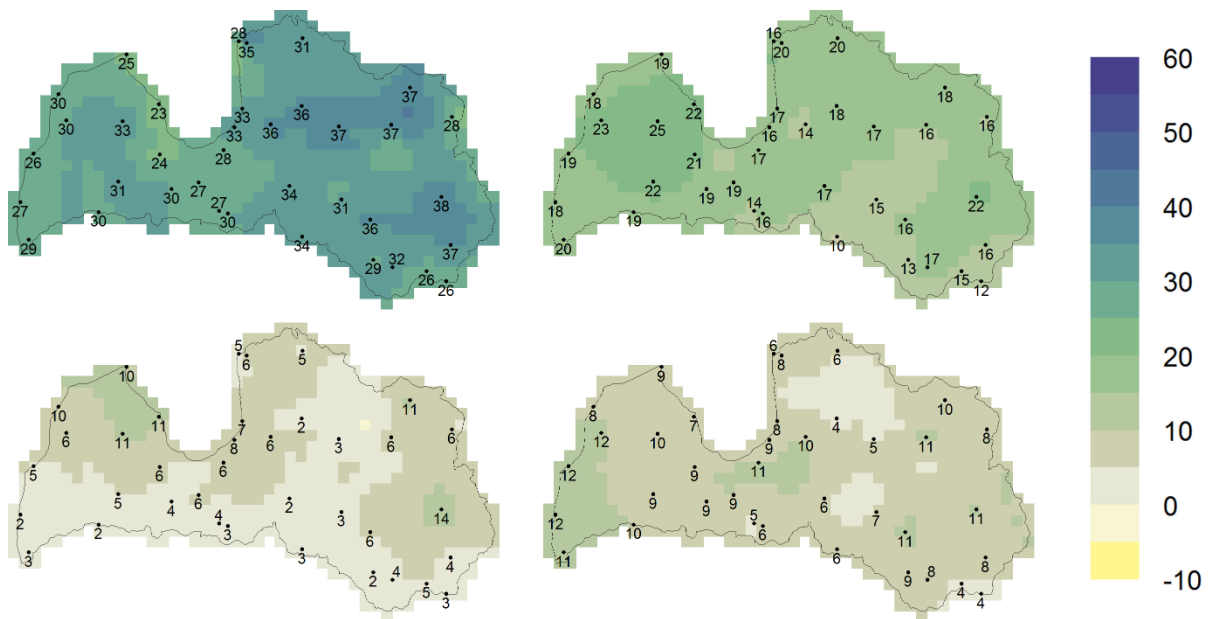
Līdzšinējās klimata pārmaiņas iezīmējušas ievērojamu nokrišņu daudzuma palielināšanos ziemas sezonā (skatīt 3.2. nodaļu), un arī pēc skaitlisko klimata modeļu aplēsēm visbūtiskāk nākotnes periodā nokrišņu daudzums turpinās palielināties tieši gada aukstajā pusē (4.39. attēls). Pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija gada griezumā būtiski atmosfēras nokrišņu

daudzums nemainīsies vien jūlija un augusta mēnešos, savukārt atlikušajā gada daļā tas palielināsies par vidēji 5-20%. Balstoties uz modeļu ansambļa aprēķiniem, visviennozīmīgākie projekciju rezultāti iegūti laika periodā no novembra līdz martam, kā arī maija mēnesī, kur lielākā daļa ansambļa locekļu prognozē stabilu nokrišņu daudzuma pieaugumu. Savukārt vislielākā nenoteiktība aprēķinos vērojama jūlija un augusta mēnešos, kur, lai gan kopumā netiek prognozētas būtiskas atmosfēras nokrišņu izmaiņas, gadu no gada iespējama liela to sadalījuma nevienmērība. RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijs iezīmē vēl izteiktāku sezonālītāti nokrišņu daudzuma pieauguma raksturā, laika periodā no oktobra līdz jūnijam prognozējot nokrišņu daudzuma pieaugumu par vidēji 10-30%. Turklāt periodā no novembra līdz martam gandrīz visi ansambļa locekļi viennozīmīgi prognozē nokrišņu daudzuma palielināšanos. Savukārt, līdzīgi kā RCP 4,5 scenārija apstākļos, jūlijā un augustā iezīmējas izteiktas atšķirības starp modeļu ansambļa locekļu aprēķiniem.

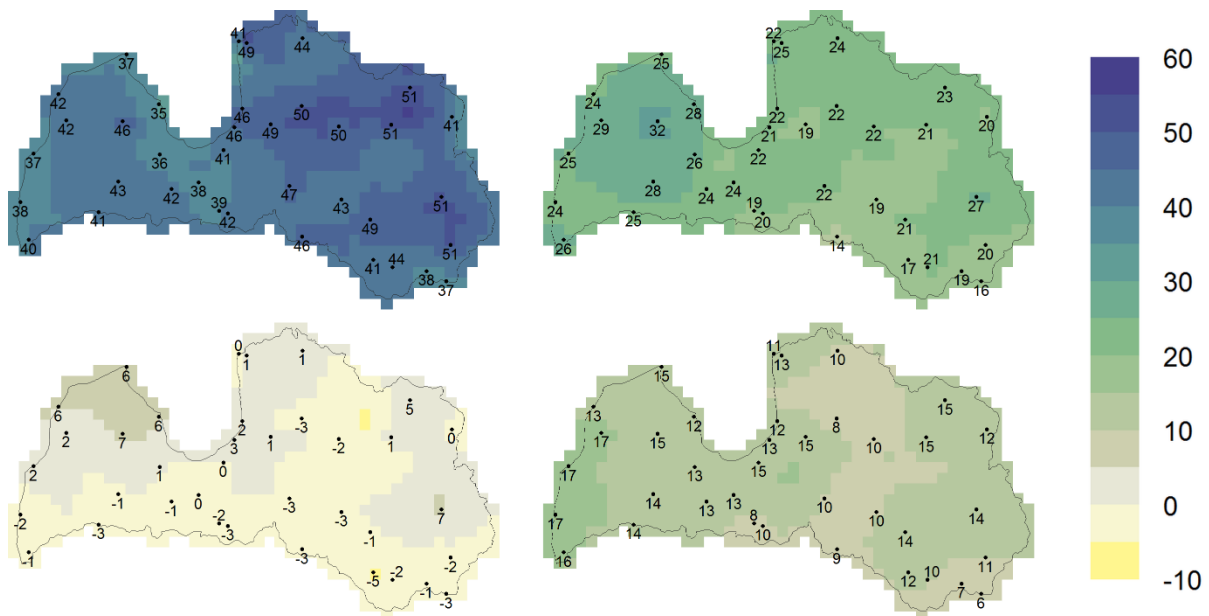


4.39. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās mēneša vidējā atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņas (izmaiņas % 2071.-2100.g. attiecībā pret 1971.-2000.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem (Ruosteenoja et al., 2016)

Apskatot prognozētās atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņas sezonālā un teritoriālā griezumā, mērenu klimata pārmaiņu apstākļos (4.40. attēls) visbūtiskākā atmosfēras nokrišņu daudzuma palielināšanās Latvijas teritorijā gaidāma ziemas (24-37%) un pavasara (12-25%) sezonās, un visnozīmīgāk nokrišņu daudzums ziemā palielināsies Vidzemē, savukārt pavasarī – Kurzemes centrālajā daļā. Vasaras un rudens sezonās tiek prognozēts mazāks nokrišņu daudzuma pieaugums – par atbilstoši 2-11% un 4-12%.



4.40. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sezonas vidējā (no kreisās puses augšējā rindā ziema, pavasaris, apakšējā rindā – vasara, rudens) atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņas (izmaiņas %, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija



4.41. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sezonas vidējā (no kreisās puses augšējā rindā ziema, pavasaris, apakšējā rindā – vasara, rudens) atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņas (izmaiņas %, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija

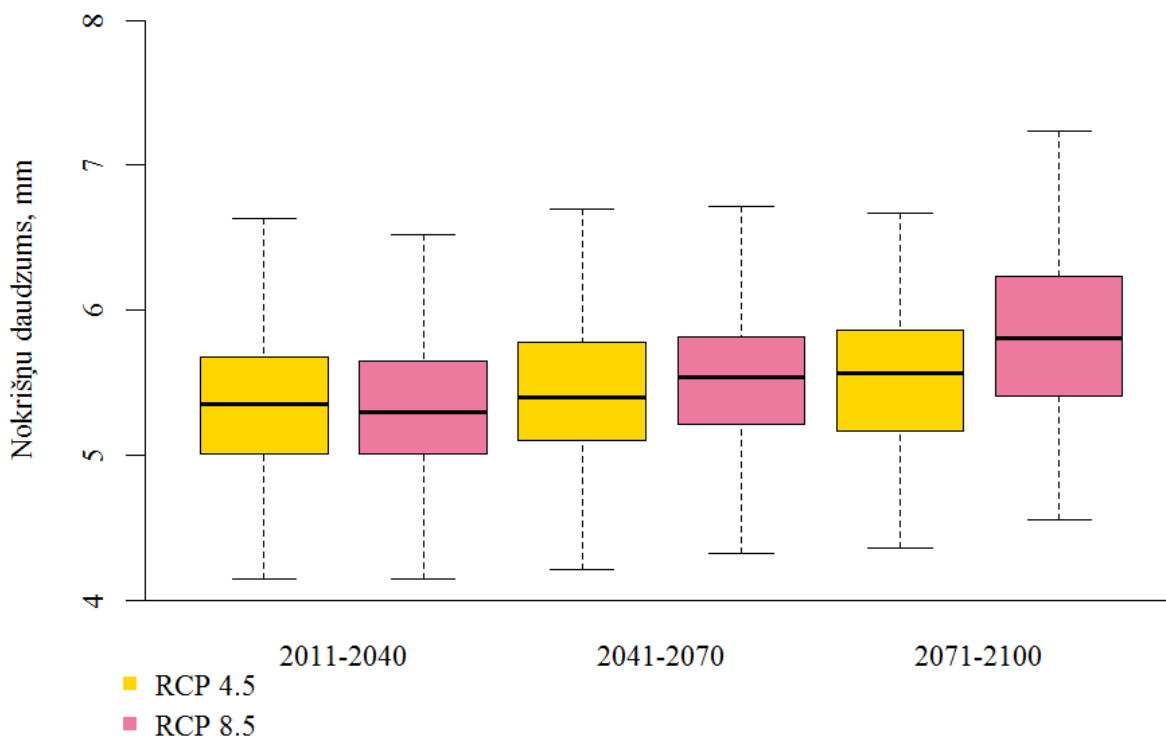
Savukārt RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija iezīmētās stiprās klimata pārmaiņas tiek raksturotas ar vēl būtiskāku nokrišņu daudzuma palielināšanos ziemas un pavasara sezonās (4.41. attēls), kad nokrišņu daudzums valstī palielināsies par atbilstoši 35-51% un 14-32%, salīdzinot ar klimatiskās references perioda vērtībām. Atbilstoši šim scenārijam, lielāks nokrišņu daudzums (pieaugums par 6-17%) tiek prognozēts arī rudens sezonā, savukārt vasarā lielā daļā valsts teritorijas iespējama arī neliela nokrišņu daudzuma samazināšanās – kopējās

nokrišņu daudzuma izmaiņas valstī ir vērtējamas robežās no -5 līdz +7%, salīdzinot ar references perioda vērtībām.

Līdz ar izmaiņām kopējā nokrišņu daudzumā, nākotnes periodā Latvijā tiek prognozētas arī **atmosfēras nokrišņu intensitātes** izmaiņas. Vienkāršotā atmosfēras nokrišņu intensitātes indeksa vērtības (skatīt 2.5. un 3.2.1. nodaļas) norāda, ka gan mērenu, gan stipru klimata pārmaiņu apstākļos Latvijā līdz gadsimta beigām ir gaidāma nokrišņu intensitātes palielināšanās. Atbilstoši RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārijam, atmosfēras nokrišņu intensitāte valstī palielināsies par 0,1-1 mm/dienā, savukārt RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija apstākļos šis pieaugums varētu sasniegt pat 0,5-1,3 mm/dienā (4.42. attēls). Gaidāms, ka visbūtiskāk atmosfēras nokrišņu intensitāte palielināsies Baltijas jūras piekrastes rajonos, kā arī Vidzemes rietumu un centrālajā daļā. Ja līdzšinējā periodā nokrišņu intensitāte vidēji Latvijā tikai nedaudz svārstījies ap 5 mm/dienā (skatīt 3.2.1. nodaļu), tad gan tuvākā, gan tālākā nākotnē tiek prognozēta nokrišņu intensitātes stabila paaugstināšanās virs 5 mm/dienā, gadsimta beigās stipru klimata pārmaiņu apstākļos pietuvojoties pat 6 mm/dienā (4.43. attēls).

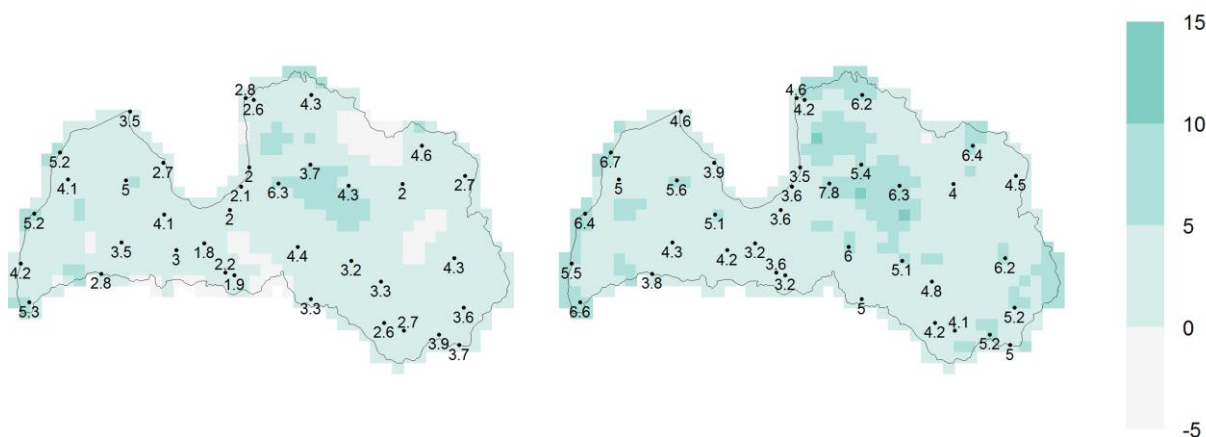


**4.42. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās atmosfēras nokrišņu intensitātes izmaiņas (izmaiņas mm/dienā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem**

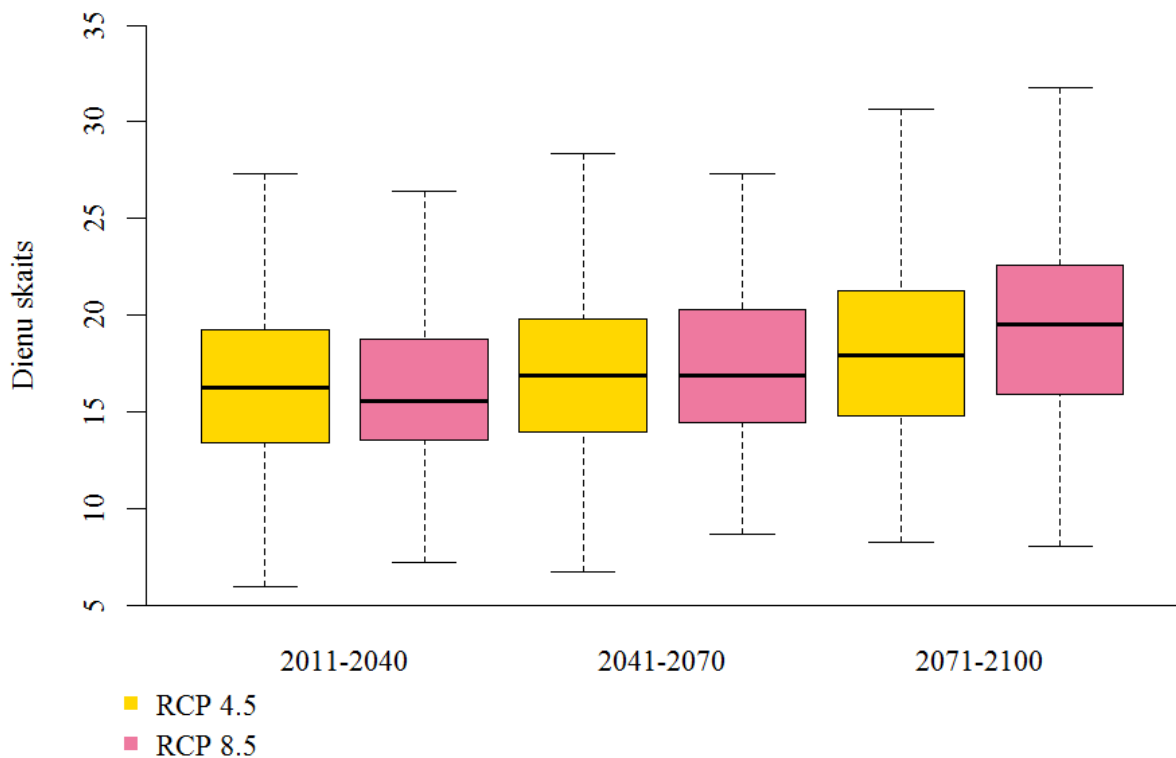


4.43. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētā atmosfēras nokrišņu intensitāte (mm/dienā) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

Gadsimta gaitā pieaugot atmosfēras nokrišņu intensitātei, gaidāma arī **dienu skaits ar stipriem atmosfēras nokrišņiem** (diennakts nokrišņu daudzums  $\geq 10$  mm) palielināšanās, kas, atkarībā no klimata pārmaiņu apmēriem, vērtējama 1,9 – 7,8 dienu apmēros un visbūtiskāk skars Baltijas jūras piekrastes rajonus un lielu daļu Vidzemes novada (4.44. attēls). Ja līdzšinējā laika periodā stipri nokrišņi Latvijā novēroti vidēji 9-20 dienas gadā (skatīt 3.2.2. nodaļu), tad jau tuvākajā 30 gadu periodā dienu skaits ar stipriem nokrišņiem vidēji Latvijā sasniegs ap 15 dienām gadā, bet līdz gadsimta beigām palielināsies līdz vidēji 17-20 dienām gadā (4.45. attēls).



4.44. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās dienu skaita ar stipriem atmosfēras nokrišņiem izmaiņas (izmaiņas dienu skaitā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem



4.45. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais dienu skaits ar stipriem atmosfēras nokrišņiem Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

Atbilstoši tiek prognozēts arī **dienu skaits ar ļoti stipriem atmosfēras nokrišņiem** (diennakts nokrišņu daudzums  $\geq 20$  mm) pieaugums, kas, salīdzinot ar klimatiskās references periodu, pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija valstī sasniegs 0,1 līdz 2,3 dienas gadā, savukārt pēc RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija – 0,8 līdz 3,3 dienas gadā (4.46. attēls).

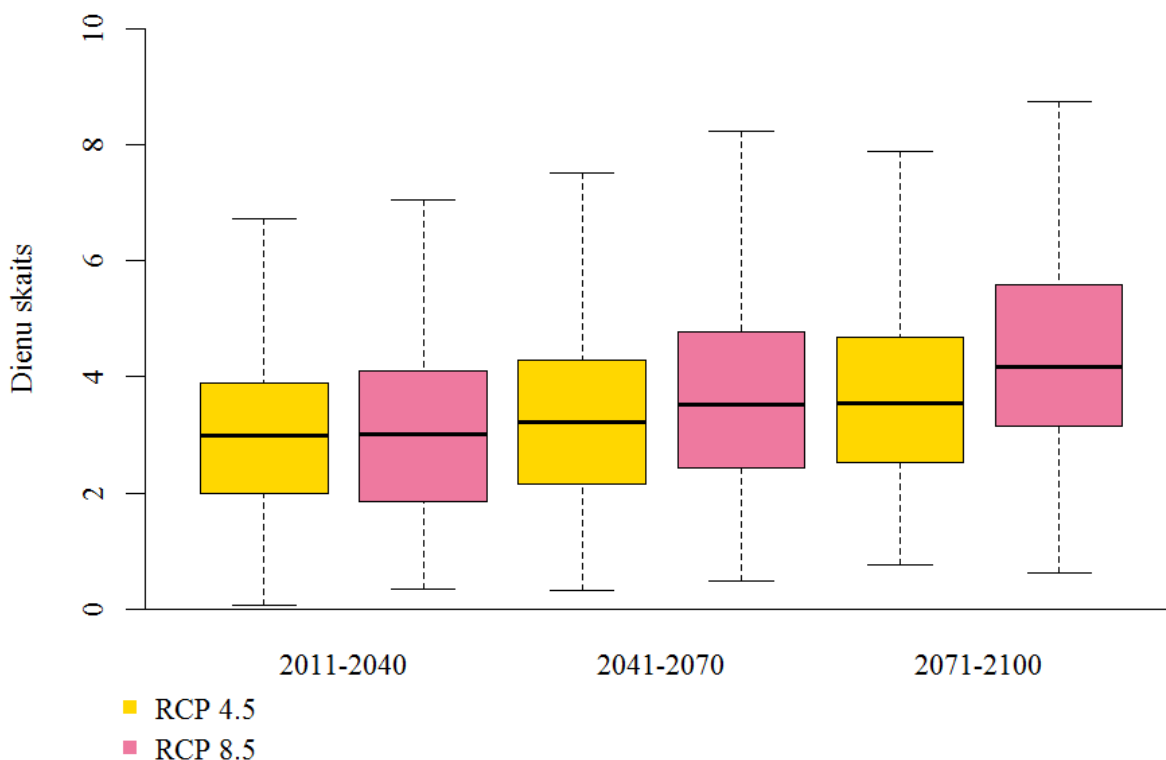


4.46. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās dienu skaita ar ļoti stipriem atmosfēras nokrišņiem izmaiņas (izmaiņas dienu skaitā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem

Arī šim rādītājam abu klimata pārmaiņu scenāriju apstākļos tiek prognozēta vienmērīga vērtību paaugstināšanās līdz pat šī gadsimta beigām (4.47. attēls), tomēr līdz ar stipru un ļoti stipru

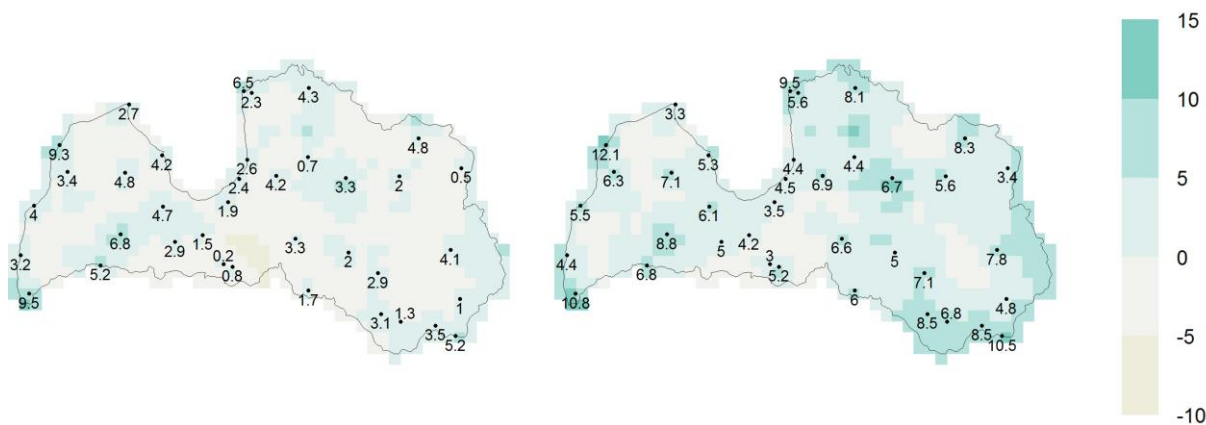


atmosfēras nokrišņu ievērojamo mainību laikā un telpā, projekcijās iezīmējas izteiktas atšķirības atsevišķu klimata modeļu ansambļa locekļu aplēsēs, piemēram, laika periodā no 2071. līdz 2100. gadam prognozētajam dienu skaitam ar ļoti stipriem atmosfēras nokrišņiem variējot robežās no mazāk nekā 1 līdz vairāk nekā 8 dienām gadā.

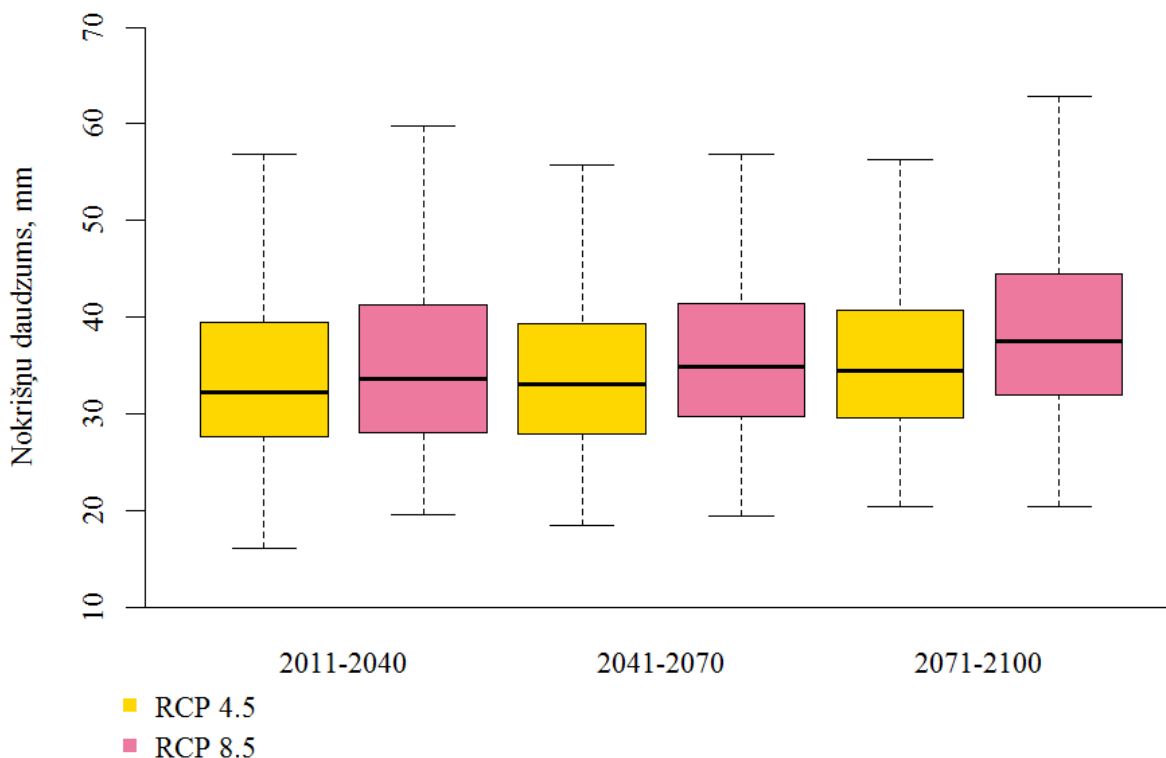


4.47. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais dienu skaits ar ļoti stipriem atmosfēras nokrišņiem Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

Nākotnes laika periodā tiek prognozēts ne tikai intensīvu atmosfēras nokrišņu gadījumu skaits, bet arī to intensitātes pieaugums. Ja laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam **maksimālais vienas diennakts atmosfēras nokrišņu daudzums** valstī svārstījies vidēji 31-39 mm robežās (skatīt 3.2.2. nodaļu), tad līdz šī gadsimta beigām tas par 0,2-12,1 mm palielināsies (4.48. attēls), un pakāpeniski pietuvosies 40 mm (4.49. attēls). Tomēr jāmin, ka arī līdzšinējo klimatisko apstākļu analīzē tika konstatēta ievērojama mainība šī parametra izpausmēs gan laikā, gan telpā, kas varētu saglabāties arī nākotnes laika periodā – šo iespējamību apstiprina arī atsevišķu klimata modeļu ansambļa locekļu projekcijas par maksimālā vienas diennakts nokrišņu daudzuma pieaugumu līdz 55-60 mm vai samazināšanos līdz 15-20 mm visa turpmākā gadsimta gaitā.



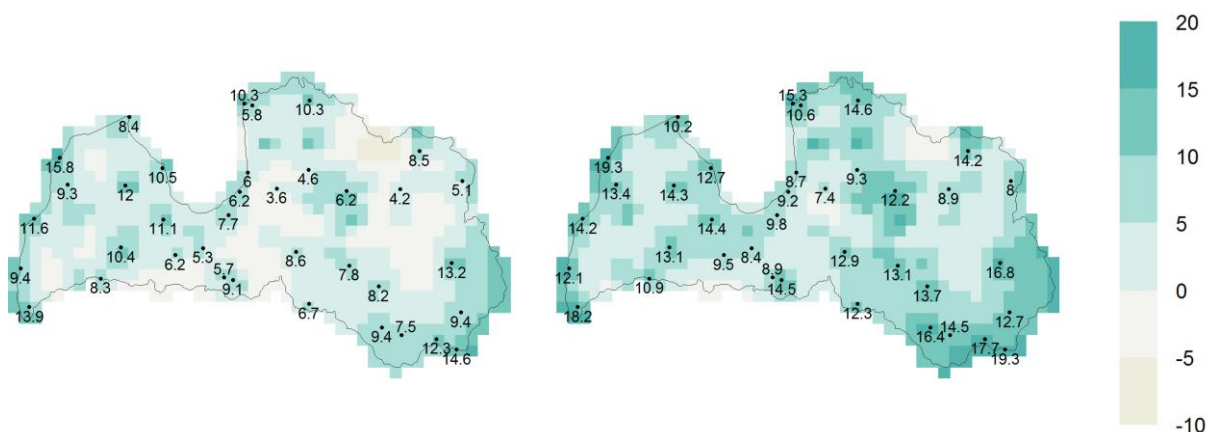
4.48. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās maksimālā vienas diennakts atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņas (izmaiņas mm, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem



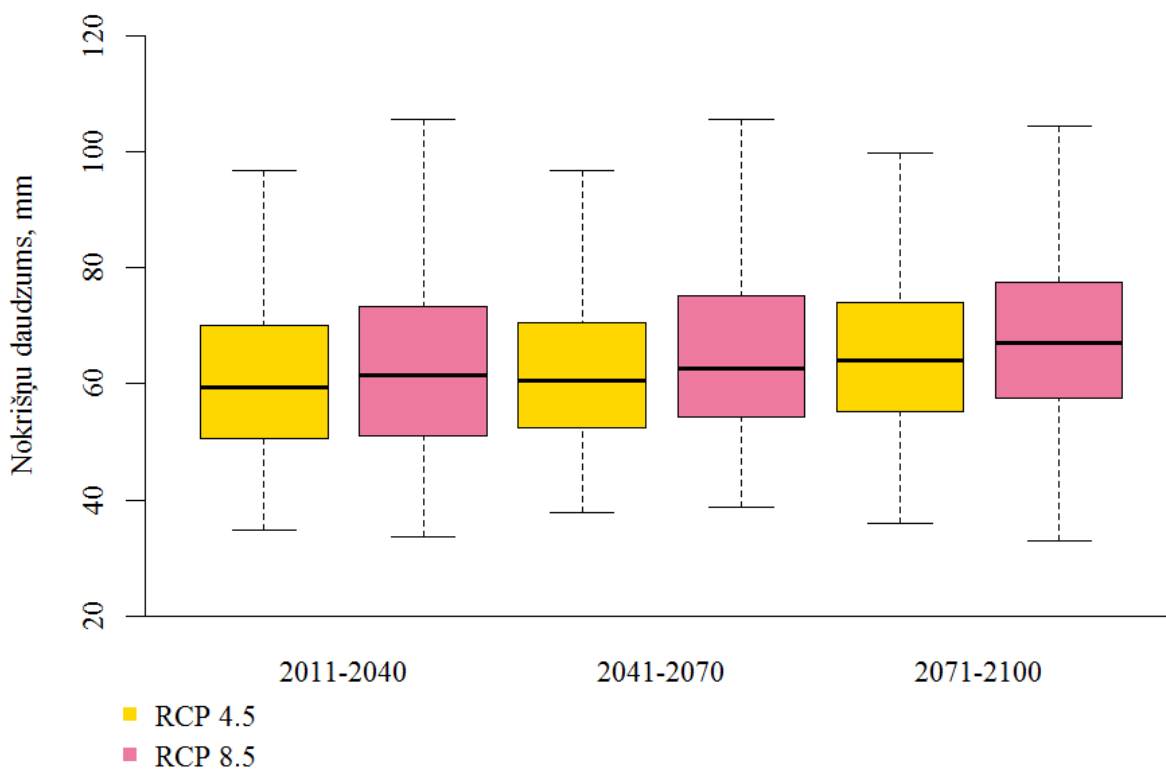
4.49. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais maksimālais vienas diennakts nokrišņu daudzums (mm) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

Piecu diennakšu nokrišņu daudzuma summa ir vērtējama kā plūdus izraisošu gadījumu indikators, un vēsturiskajā laika periodā šī parametra vērtības Latvijas teritorijā svārstījušās 52-70 mm robežās (skatīt 3.2.2. nodaļu). Gaidāmo klimata pārmaiņu apstākļos, tiek prognozēts, ka gadsimta beigās **maksimālā piecu diennakšu nokrišņu daudzuma** pieaugums Latvijā varētu sasniegt 3,6-15,8 mm (RCP 4,5) vai 7,4-19,3 mm (RCP 8,5), iezīmējot izteikti nevienmērīgu gaidāmo izmaiņu telpisko sadalījumu (4.50. attēls). Lai gan gadsimta gaitā šī parametra vērtības

vienmērīgi pieaugs no vidēji 60 līdz aptuveni 65 mm (4.51. attēls), salīdzinot ar citu rādītāju izmaiņām, gaidāmais pieaugums vērtējams kā salīdzinoši neliels, kas varētu norādīt uz to, ka nākotnes laika periodā Latvijā gaidāma ar atmosfēras nokrišņu mainību saistīta stipru nokrišņu gadījumu skaita un intensitātes palielināšanās, tajā pašā laikā ievērojami nepalielinoties nepārtrauktu intensīvu atmosfēras nokrišņu periodu ilgumam.



4.50. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās maksimālā piecu diennakšu atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņas (izmaiņas mm, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem

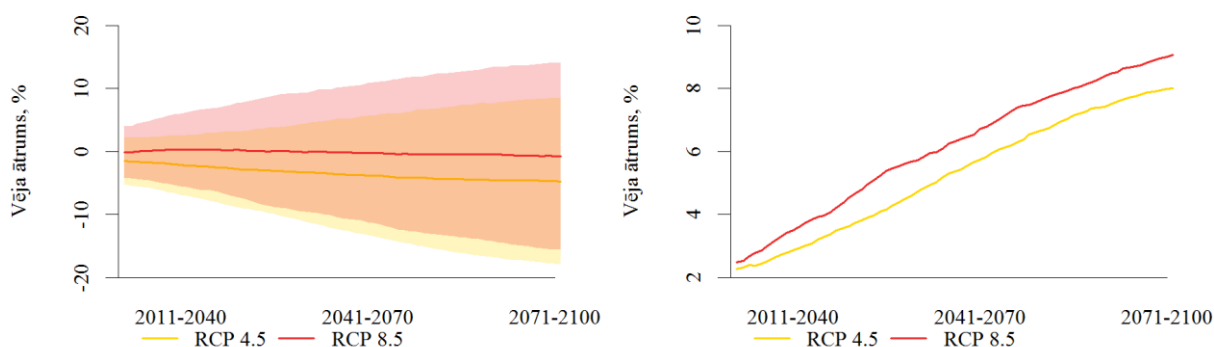


4.51. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais maksimālais piecu diennakšu nokrišņu daudzums (mm) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

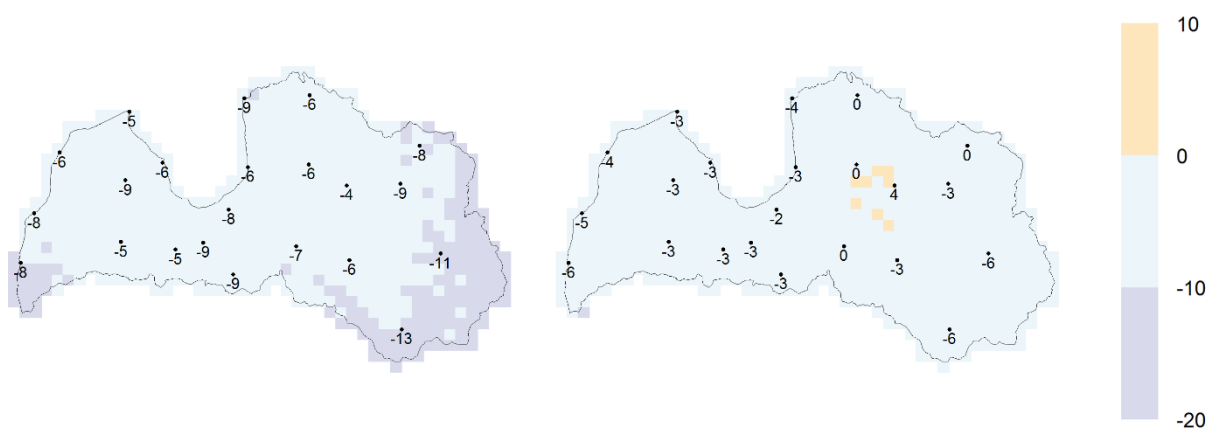
Kopumā nākotnē Latvijā gaidāmās klimata pārmaiņas iezīmē kopējā nokrišņu daudzuma palielināšanos, kas īpaši izteikta būs tieši ziemas sezonā, kad atbilstoši prognozētajām atmosfēras spiediena izmaiņām iespējama palielināta ciklonu darbības aktivitāte pētījumā apskatītajā reģionā. Līdz ar pieaugošu kopējo atmosfēras nokrišņu daudzumu gaidāma arī ekstremālu atmosfēras nokrišņu gadījumu skaita un biežuma, kā arī to mainības palielināšanās.

#### 4.5. Vēja ātruma izmaiņas Latvijā līdz 2100. gadam

Vēja ātrums ir meteoroloģiskais parametrs, kura vērtības ir cieši saistītas ar liela mēroga atmosfēras cirkulācijas apstākļiem, kā arī apskatāmā areāla lokāliem fiziski ģeogrāfiskiem apstākļiem, un līdz ar to tā viennozīmīga analīze mēdz būt problemātiska gan vēsturiskā griezumā, gan arī nākotnes projekciju kontekstā (IPCC, 2014). Pētījuma gaitā tika konstatēts, ka līdzšinējo klimata pārmaiņu ietekmē vēja ātrums Latvijā kopumā ir samazinājies (skatīt 3.3. nodaļu), un klimata modeļu projekcijas apliecina līdzīgas tendences arī nākotnē – atbilstoši RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārijam līdz gadsimta beigām gada **vidējais vēja ātrums** Latvijā samazināsies par 5%, savukārt RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijā vidējais vēja ātrums paliek nemainīgs (4.52. attēls). Teritoriāli RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārijā vidējais vēja ātrums samazināsies par 4-13%, savukārt RCP 8,5 scenārijs iezīmē mazākas vēja ātruma izmaiņas, kas nepārsniegs 0-6% (4.53. attēls). Šādas klimata pārmaiņu scenāriju aplēšu atšķirības ir saistāmas ar lielo nenoteiktību vēja ātruma parametru aprēķinā globālo klimata modeļu ansambli iekļautajos klimata modeļos, kas arī gada griezumā uzrāda ievērojamas atšķirības atsevišķu modeļu ansambļa locekļu aprēķinu starpā (4.54. attēls).

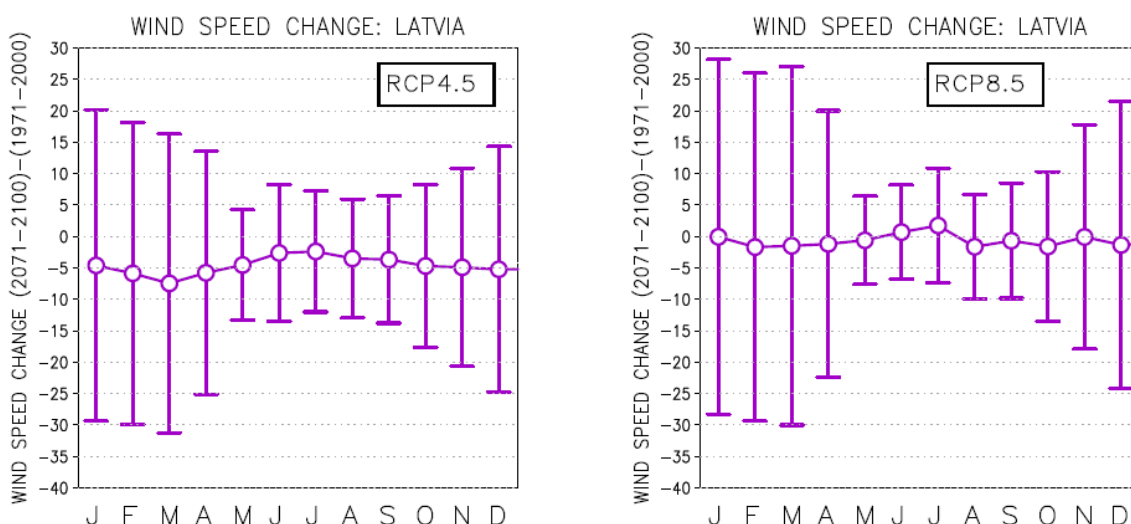


4.52. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gada vidējā vēja ātruma vērtību izmaiņu projekcijas (pa kreisi: izmaiņas % attiecībā pret 1971.-2000. g. vērtībām) un prognožu nenoteiktība (pa labi: nenoteiktība izteikta kā standartnovirze, %) Latvijas teritorijai



**4.53. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās gada vidējā vēja ātruma izmaiņas (izmaiņas %, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1966.-1995.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem**

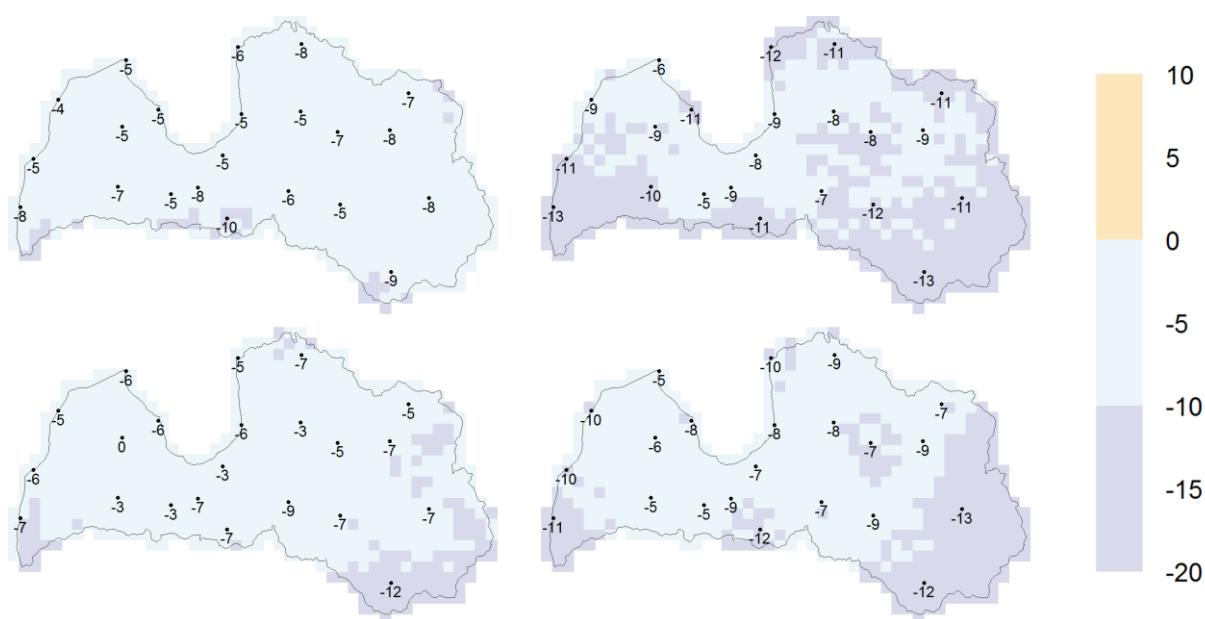
Gan visbūtiskākās vēja ātruma izmaiņas, gan arī lielākā modeļu aprēķinu neviennozīmība konstatēta laika periodā no oktobra līdz aprīlim, kas tipiski ir laika periods, kad Latvijā tiek novērotas intensīvas rudens vētras. Atsaucoties uz prognozētajām izmaiņām atmosfēras spiediena vērtībās (skatīt 4.4. nodaļu), var secināt, ka gaidāmā atmosfēras spiediena pazemināšanās tendences varētu būt saistītas ar kopējā atmosfēras spiediena fona vērtību pazemināšanos, nevis rudens vētru biežuma vai intensitātes palielināšanos, līdz ar to zināmā mērā izskaidrojot arī turpmāku vēja ātruma samazināšanās tendenci Latvijas teritorijā.



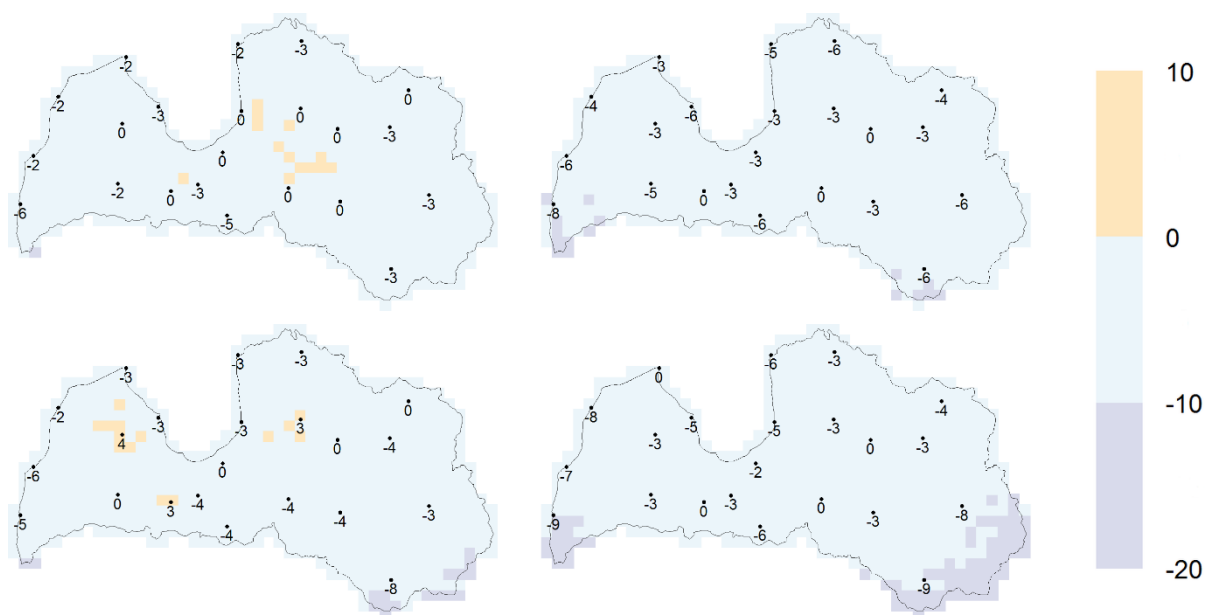
**4.54. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās mēneša vidējā vēja ātruma izmaiņas (izmaiņas % 2071.-2100.g. attiecībā pret 1971.-2000.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem (Ruosteenoja et al., 2016)**

Apskatot gaidāmās izmaiņas sezonālā griezumā (4.55. un 4.56. attēls), jāsecina, ka ievērojamas atšķirības vēja ātruma izmaiņās starp sezonām nav konstatējamas, un daudz

nozīmīgākas ir atšķirības starp abiem pētījumā izmantotajiem klimata pārmaiņu scenārijiem. Ņemot vērā nenoteiktību gan atsevišķu modeļu ansambļa locekļu, gan arī klimata pārmaiņu scenāriju starpā, nākotnes laika periodā Latvijā nav konstatējamas ievērojamas un nozīmīgas un teorētiski pamatojamas vidējā vēja ātruma izmaiņas. Tomēr pētījumi liecina, ka nākotnes laika periodā Ziemeļeiropā līdz ar prognozēto atmosfēras spiediena pazemināšanos (Ruosteenoja et al., 2013; Räsänen and Ylhäisi, 2015) gaidāma rietumu un dienvidrietumu vēja virzienu novērojumu biežuma palielināšanās un austrumu virzienu vēju novērojumu biežuma samazināšanās (Ruosteenoja et al., 2013), kas varētu būt saistīts ar mazāk izteiktām vēja ātruma samazināšanās tendencēm ziemas sezonā.

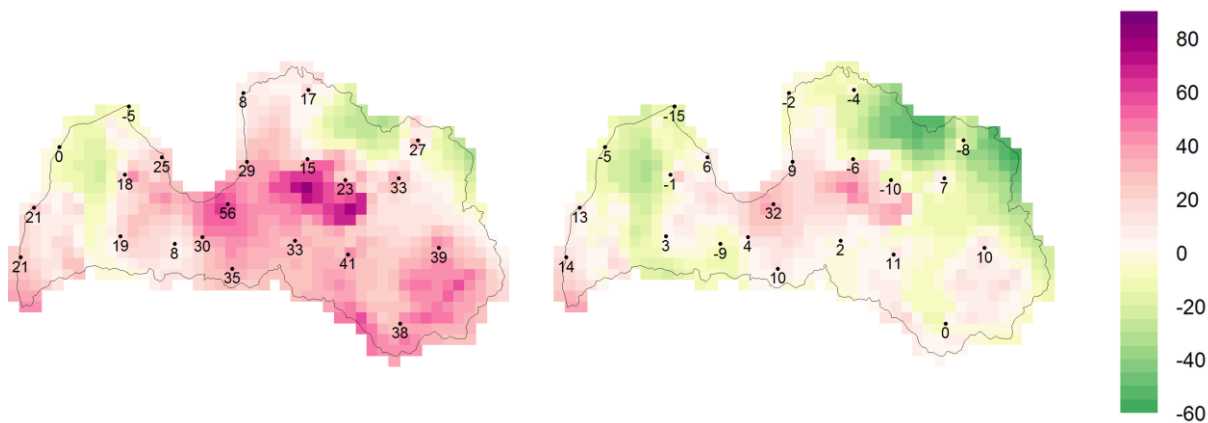


**4.55. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sezonas vidējā (no kreisās puses augšējā rindā ziema, pavasaris, apakšējā rindā – vasara, rudens) vēja ātruma izmaiņas (izmaiņas %, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1966.-1995.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija**

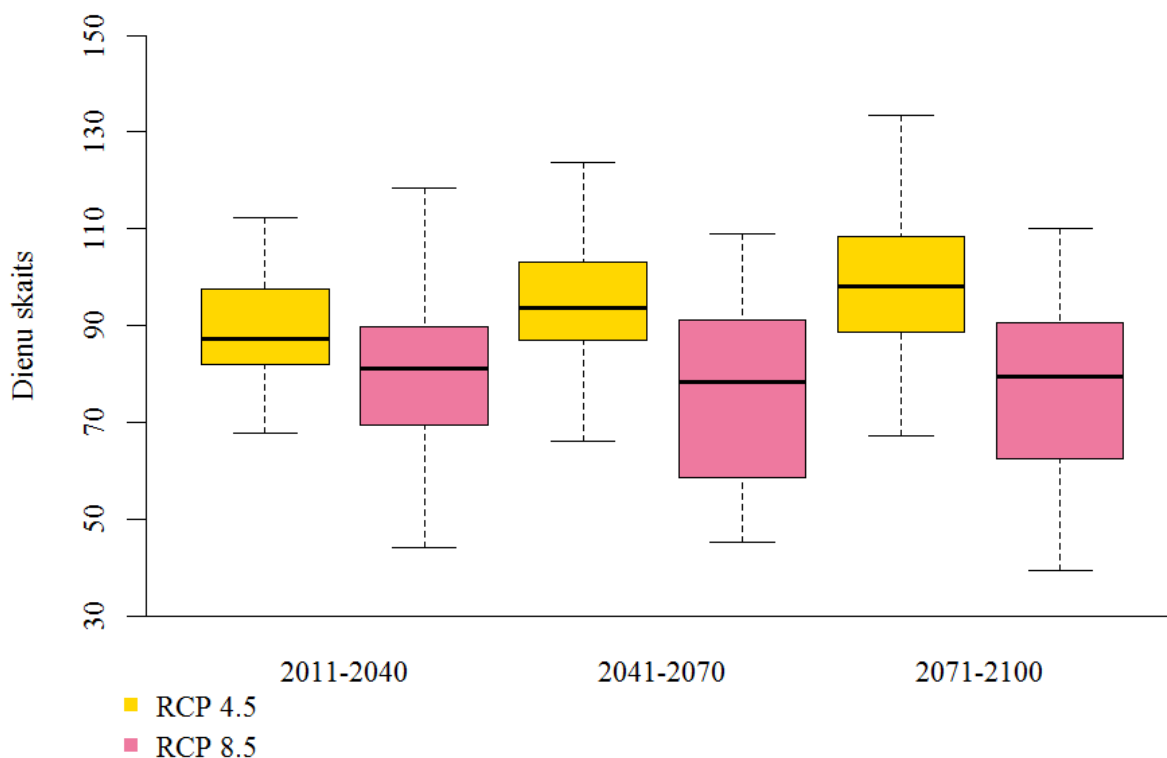


4.56. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās sezonas vidējā (no kreisās puses augšējā rindā ziema, pavasaris, apakšējā rindā – vasara, rudens) vēja ātruma izmaiņas (izmaiņas %, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1966.-1995.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija

Līdzšinējā laika periodā Latvijā līdz ar novēroto vēja ātruma samazināšanos ievērojami ir pieaudzis **bezvēja dienu skaits**, kad diennakts vidējais vēja ātrums nepārsniedz 2 m/s (skatīt 3.3.1. nodaļu). Atbilstoši prognozētajai turpmākai vēja ātruma samazināšanās tendencei, lielākajā Latvijas teritorijas daļā laika periodā līdz gadsimta beigām bezvēja dienu skaits varētu palielināties, šim pieaugumam sasniedzot pat 30-56 dienas gadā (4.57. attēls). Tā kā pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija tiek prognozēta straujāka vēja ātruma samazināšanās nekā pēc RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija, mērenu klimata pārmaiņu apstākļos gadsimta gaitā tiek prognozēta pakāpeniska bezvēja dienu skaita palielināšanās, gadsimta beigās sasniedzot vidēji ap 100 dienām gadā, savukārt stipru klimata pārmaiņu apstākļos, kas neraksturojas ar būtiskām vēja ātruma izmaiņām, bezvēja dienu skaits visa nākotnes perioda gaitā gaidāms ap 80 dienām gadā (4.58. attēls).



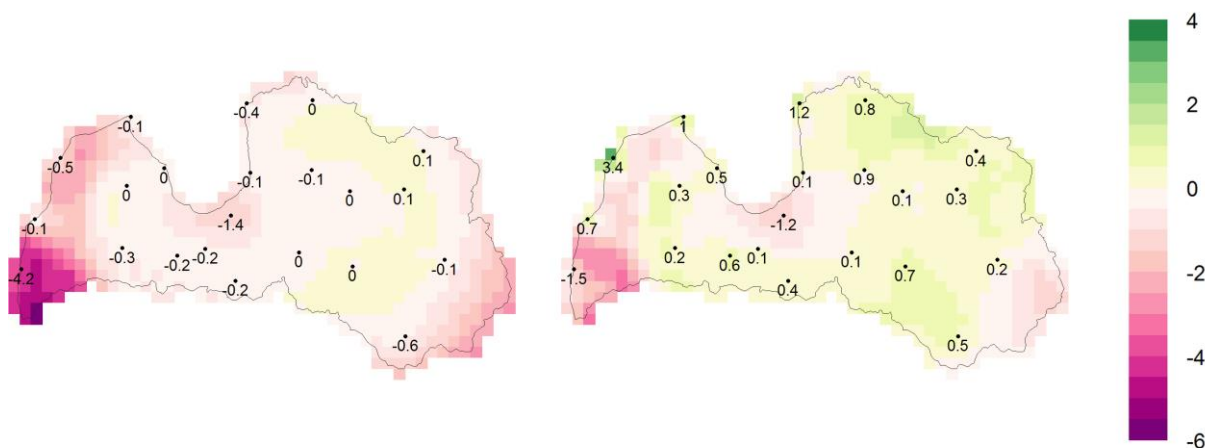
4.57. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās bezvēja dienu skaita izmaiņas (izmaiņas dienu skaitā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1966.-1995.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem



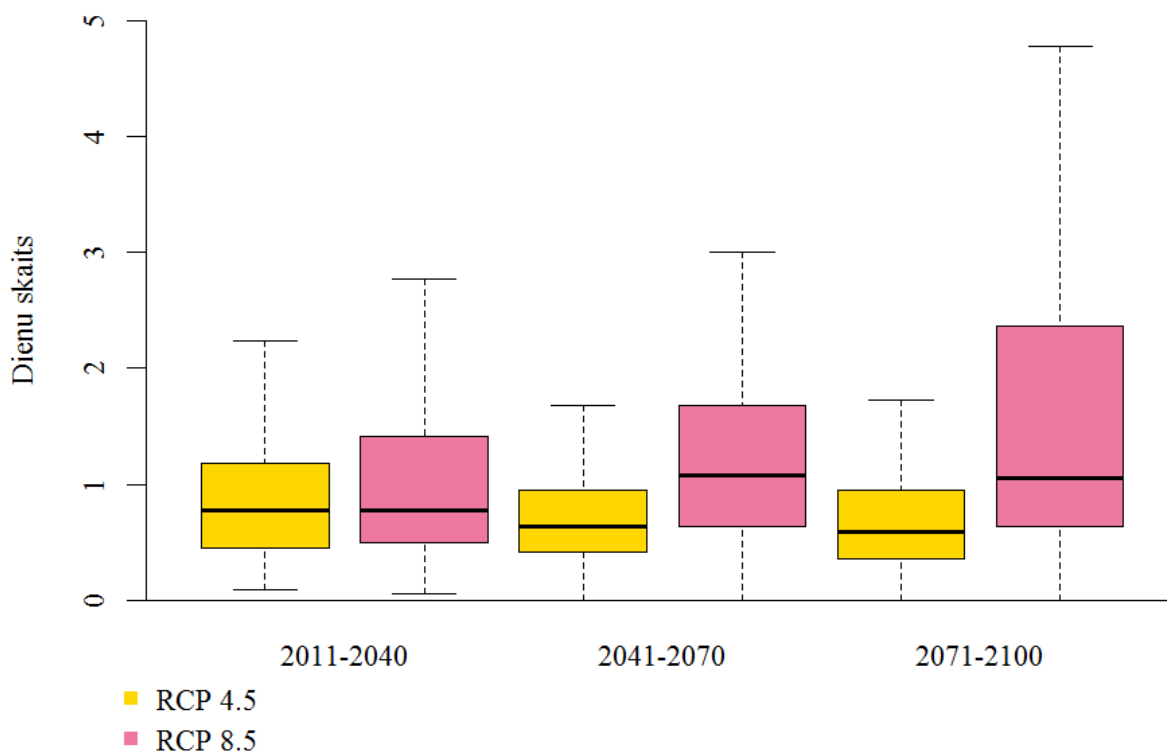
4.58. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais bezvēja dienu skaits Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

**Vētrainu dienu skaits** (diennakts vidējais vēja ātrums  $\geq 10,8$  m/s) līdz šim valstī ir bijis neliels, un to skaits vien Baltijas jūras piekrastes rajonos sasniedzis vidēji līdz 7,9 dienām gadā (skatīt 3.3.1. nodaļu). Līdz ar to arī nākotnes laika periodā būtiskākās vētrainu dienu skaita izmaiņas gaidāmas tieši jūras piekrastē, kur iespējama tā samazināšanās par pat 4,2 dienām gadā (4.59. attēls). Kopumā Latvijā vētrainu dienu skaits nākotnes laika periodā svārstīsies vidēji 0,5-1 dienas/gadā robežās, atsevišķiem klimata modeļu ansambļa locekļiem pieļaujot svārstības vētrainu dienu skaitā no 0 līdz 5 dienām gadā (4.60. attēls).





4.59. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās vētrainu dienu skaita izmaiņas (izmaiņas dienu skaitā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1966.-1995.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem



4.60. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētais vētrainu dienu skaits Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem

Kopumā izvērtējot globālo klimata modeļu prognozētās vēja ātruma izmaiņas Latvijas teritorijā, jāsecina, ka, lai gan prognozes norāda uz vēja ātruma samazināšanās tendencēm, ievērojamās aprēķinu rezultātu nenoteiktības dēļ ir sarežģīti izdarīt viennozīmīgus spriedumus par gaidāmo vēja ātruma izmaiņu apmēriem un to sezonālo un teritoriālo sadalījumu. Tomēr, kompleksi apskatot arī citu klimatisko parametru prognozētās izmaiņas, var pieņemt, ka nākotnes laika periodā virs Latvijas iespējama ciklonu darbības aktivitātes palielināšanās

ziemas sezonā, kas saistāma ar rietumu gaisa masu pārneses intensificēšanos un rezultējošu siltu, mitru un vējainu ziemas sezonu dominanci.

## 5. SECINĀJUMI

Rezultāti no IPCC Piektā novērtējuma ziņojuma akcentē izteiktu globālu piezemes gaisa temperatūras paaugstināšanos kopš 19. gadsimta beigām, it īpaši pēdējās desmitgadēs, kā arī izmaiņas atmosfēras nokrišņu daudzumā un vēja ātrumā, bet šīs izmaiņas lielā mērā ir atkarīgas no apskatītā reģiona (IPCC, 2014). Šādas parametru izmaiņu tendences ir sagaidāmas arī turpmāk, ko apliecina arī visos RCP klimata pārmaiņu scenāriju gadījumos prognozētā gaisa temperatūras paaugstināšanās visa 21. gadsimta gaitā. Līdz ar gaisa temperatūras paaugstināšanos, palielināsies arī karstuma viļņu biežums un ilgums, bet samazināsies aukstuma viļņu skaits un biežums. Arī atmosfēras nokrišņu daudzuma izmaiņu tendences būs līdzīgas līdz šim novērotajām, tādēļ gaidāms, ka atšķirība starp mitriem un arīdiem reģioniem 21. gadsimtā turpinās palielināties, bet izmaiņas būs nevienlīdzīgas (IPCC, 2014c). Problemātiskāk prognozēt nākotnes izmaiņas ir vēja ātrumam, jo virszemes vēja novērojumu kvalitāti ļoti ietekmē katras konkrētās vietas reljefs, tāpēc vēja ātruma prognozēs ir liela nenoteiktība (IPCC, 2012).

Latvijā pēdējo 50 gadu laikā līdzīgi kā citviet pasaulē novērota vienmērīga gaisa temperatūras paaugstināšanās un, analizējot turpmākas izmaiņas gaisa temperatūras vērtībās, jāsecina, ka Latvijā gada vidējā gaisa temperatūra turpinās paaugstināties. Viskrasākās izmaiņas sagaidāmas ziemas sezonā un valsts austrumu daļā. Prognozes paredz arī minimālās un maksimālās gaisa temperatūras paaugstināšanos: ziemas mēnešos būtiskāk paaugstināsies minimālās gaisa temperatūras, bet vasaras mēnešos – maksimālās gaisa temperatūras vērtības. Šo pārmaiņu ietekmē prognozēts arī, ka palielināsies karstuma viļņu biežums un ilgums, kā arī tropisko nakšu un vasaras dienu skaits, bet samazināsies sala dienu un dienu bez atkušņa skaits. Gaisa temperatūras paaugstināšanās būtiski ietekmēs arī augšanas sezonas ilgumu, kas līdz gadsimta beigām vidēju klimata pārmaiņu un nozīmīgu klimata pārmaiņu scenāriju gadījumos palielināsies attiecīgi par aptuveni 1 līdz 2 mēnešiem (5.1. tabula).

Līdzšinējo klimata pārmaiņu izpausmes Latvijas teritorijā ir iezīmējušas kopējā atmosfēras nokrišņu daudzuma palielināšanos un intensitātes pieaugumu, kā arī pieaugošu stipru nokrišņu gadījumu skaitu, un tiek prognozēts, ka šādas tendences Latvijā turpināsies arī visa šī gadsimta laikā. Visvairāk nokrišņu gada laikā Latvijas teritorijā ir Vidzemes augstienes un Kurzemes augstieņu rietumu daļās (3.97. attēls), kas parāda, ka Latvijā atmosfēras nokrišņu daudzuma teritoriālais sadalījums ir saistīts ar lokālu reljefa ietekmi, tomēr to ietekmē arī attālums no Baltijas jūras un Rīgas līča. Atmosfēras nokrišņu daudzumam Latvijas teritorijā

raksturīgas ne tikai lokālas izplatības iezīmes, bet arī sezonalitāte, piemēram, palielināts nokrišņu daudzums rudens un ziemas mēnešos, kas skaidrojams ar dominējošu rietumu vēju plūsmu un paaugstinātu ciklonisko aktivitāti.

Pēdējās desmitgadēs vēja ātrums Latvijā kopumā ir samazinājies, ir pieaudzis bezvēja dienu skaits, kā arī samazinājies vētrainu dienu skaits. Klimata modeļu projekcijas apliecina līdzīgas tendences arī nākotnē, tomēr, ņemot vērā nenoteiktību gan atsevišķu modeļu ansambļa locekļu, gan arī klimata pārmaiņu scenāriju starpā, daži modeļi prognozē, ka turpmāk vēja ātrums varētu nemainīties vai pat nedaudz palielināties. Tiek prognozēts, ka lielākajā daļā Latvijas līdz 2100. gadam palielināsies bezvēja dienu skaits, bet vētrainu dienu skaits vidēji Latvijā nemainīsies, tomēr tas ir izskaidrojams ar nelielo vētraino dienu skaitu lielākajā daļā Latvijas teritorijas. Aplūkojot datus no novērojumu stacijām Baltijas jūras piekrastē, kur ir lielāks vētrainu dienu skaits, vidēju klimata pārmaiņu scenārijā (RCP4,5) ir novērojams vētrainu dienu skaita samazinājums, bet nozīmīgu klimata pārmaiņu scenārijā (RCP8,5) lielākajā daļā piekrastes novērojumu stacijās ir novērojams skaita palielinājums (4.59. attēls).

Līdzšinējo klimatisko apstākļu, kā arī nākotnes klimata pārmaiņu scenāriju analīze uzskatāmi demonstrē izteiktas klimata pārmaiņu tendences. Visbūtiskākās izmaiņas skar klimatisko parametru ekstremālās vērtības, kas norāda, ka nākotnē aizvien biežāk nāksies saskarties ar Latvijas teritorijai neraksturīgiem un ekstremāliem laika apstākļiem. Līdz ar to, lai mazinātu ar klimata pārmaiņām saistītos riskus un to iespējamās sekas, ir būtiski jau savlaicīgi izstrādāt un ieviest uz pētījumu rezultātiem balstītus adaptācijas pasākumus visās tautsaimniecības jomās. Ne mazāk būtiski ir iespējami savlaicīgi nodrošināt Latvijas ekonomikas pāreju uz oglekļa maziētelpīgu attīstību, tādejādi mazinot siltumnīcas efekta gāzu emisijas, tai pat laikā saglabājot un vairojot oglekļa dioksīda piesaisti.

Līdzšinējās un nākotnes klimatisko parametru izmaiņas attiecībā pret ilggadīgajām vidējām klimatisko parametru vērtībām pagātnē

Klimatiskais parametrs		Līdzšinējā klimatiskā vērtība (1961.-1990.g.)	Līdzšinējās izmaiņas (1981.-2010.g. attiecībā pret 1961.-1990.g.)	Izmaiņas nākotnē (2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g.)	
				RCP4,5	RCP8,5
Maksimālā gaisa temperatūra	Gada maksimālā vērtība	+29,3°C	↑ +0,7 °C	↑ +3,6°C	↑ +5,7°C
	Gada vidējā vērtība	+9,5°C	↑ +0,7 °C	↑ +3,4°C	↑ +5,4°C
	Gada minimālā vērtība	-14,4°C	↑ +1,4 °C	↑ +6,5°C	↑ +9,5°C
Vidējā gaisa temperatūra	Gada maksimālā vērtība	+22,4°C	↑ +0,7 °C	↑ +3,2°C	↑ +5,4°C
	Gada vidējā vērtība	+5,7°C	↑ +0,7 °C	↑ +3,5°C	↑ +5,5°C
	Gada minimālā vērtība	-18,6°C	↑ +1,7 °C	↑ +7,5°C	↑ +11°C
Minimālā gaisa temperatūra	Gada maksimālā vērtība	+17,6°C	↑ +0,8 °C	↑ +3,1°C	↑ +5,6°C
	Gada vidējā vērtība	+2°C	↑ +0,7 °C	↑ +3,6°C	↑ +5,6°C
	Gada minimālā vērtība	-24,1°C	↑ +1,9 °C	↑ +9,3°C	↑ +13,5°C
Vasaras dienas		15 dienas	↑ +3 dienas	↑ +31 diena	↑ +53 dienas
Tropiskās naktis		0 dienas	↕ 0 dienas	↑ +4 dienas	↑ +14 dienas
Veģetācijas perioda ilgums		195 dienas	↑ +2 dienas	↑ +27 dienas	↑ +49 dienas
Sala dienas		134 dienas	↓ -9 dienas	↓ -52 dienas	↓ -81 diena

Klimatiskais parametrs	Līdzšinējā klimatiskā vērtība (1961.-1990.g.)	Līdzšinējās izmaiņas (1981.-2010.g. attiecībā pret 1961.-1990.g.)	Izmaiņas nākotnē (2071.-2100.g. attiecībā pret 1961.-1990.g.)	
			RCP4,5	RCP8,5
Dienas bez atkušņa	62 dienas	↓ -9 dienas	↓ -32 dienas	↓ -46 dienas
Nokrišņu summa	651 mm	↑ +6%	↑ +13%	↑ +16%
Maksimālais diennakts nokrišņu daudzums	33 mm	↑ +1 mm	↑ +3 mm	↑ +6 mm
Maksimālais piecu diennakšu nokrišņu daudzums	58 mm	↑ +2 mm	↑ +9 mm	↑ +12 mm
Dienas ar stipriem nokrišņiem	15 dienas	↑ +2 dienas	↑ +3 dienas	↑ +5 dienas
Dienas ar ļoti stipriem nokrišņiem	3 dienas	↑ +1 diena	↑ +1 diena	↑ +2 dienas
Vienkāršots ikdienas nokrišņu intensitātes indekss	5,1 mm/dienā	↕ 0 mm/dienā	↕ 0 mm/dienā	↑ +1 mm/dienā
Gada vidējais vēja ātrums	3,6 m/s	↓ -8%	↓ -7%	↓ -3%
Vētrainas dienas	1 diena	↓ -1 diena	↕ 0 dienas	↕ 0 dienas
Bezvēja dienas	75 dienas	↑ +13 dienas	↑ +24 dienas	↑ +2 dienas

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Ahrens, C.D. 2009. *Meteorology Today: An introduction to Weather, Climate, and the Environment*. 9<sup>th</sup> edn. Belmont, Books/Cole, Cengage Learning. pp 624.
- Ahrens, C.D., Samson, P. 2011. *Extreme Weather and Climate*. Belmont, Books/Cole, Cengage Learning. pp 528.
- Alexander, L.V., Hope, P., Collins, D., Trewin, B., Lynch, A., Nicholls, N. 2007. Trends in Australia's Climate Means and Extremes: a Global Context. *Australian Meteorological Magazine*. 56 (1), 1-18.
- Alexandersson, H., Forland, E.J., Helminen, J., Sjoblom., N., Tveito, O.E. 2001. Extreme Value Analysis in the Nordic Countries – Pilot Studies of Minimum Temperature and Maximum daily Precipitation and a Review of Methods in Use. *NORDKLIM-Nordic Co-operation Within Climate Activities*. Report No. 03/01
- Antonio, C.C.S. 2008. Trends in Indices for Extremes in Daily Air Temperature Over Utah, USA. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 26, 19-20.
- Arguez, A., Vose, R.S. 2011. Definition of the Standard WMO Climate Normal: The Key to Deriving Alternative Climate Normals. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 92, 699-704.
- Avotniece, Z., Rodinov, V., Lizuma, L., Briede, A., Kļaviņš, M. 2010. Trends in the Frequency of Extreme Climate Events in Latvia. *Baltica*. 23 (2), 135-148.
- Āboltiņš O., 2010., *No Leduslaikmeta līdz Globālajai sasilšanai, Dabas vides pagātne un tagadne Latvijā*, LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 127 lpp.
- Beniston, M., Stephenson, D.B., Christensen, O.B., Ferro, C.A.T., Frei, C., Goyette, S., Halsnaes, K., Holt, T., Jylhä, K., Koffi, B., Palutikof, J., Schöll, R., Semmler, T., Woth, K. 2007. Future Extreme Events in European Climate: An Exploration of Regional Climate Model Projections. *Climatic Change*. DOI:10.1007/s10584-006-9226-z
- Bhend, J., Storch, V. 2007. Consistency of Observed Winter Precipitation Trends in Northern Europe with Regional Climate Change Projections. *Climate Dynamics*. DOI:10.1007/s00382-007-0335-9
- Bivand, R.S., Pebesma, E., Gómez-Rubio, V., 2013. *Applied Spatial Data Analysis with R. UseR! Series*. 2<sup>nd</sup> edn. Springer, New York, 405 pp.
- Braganza, K., Karoly, D.J., Arblaster, J.M. 2004. Diurnal Temperature Range as an Index of Global Climate Change During the Twentieth Century. *Geophysical Research Letters*. 31, 1-4.
- Briede, A., Lizuma, L. 2007. Long-term variability of precipitation in the territory of Latvia. In: Kļaviņš, M. (ed) *Climate Change in Latvia*. Riga, University of Latvia Press. 35-44.
- Coles, S. 2001. An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. *Springer Series in Statistics*. United Kingdom, Springer. 45-45.
- Collins, M., Soon-Il, A., Cai, W., Ganachaud, A., Guilyardi, E., Jin, F-F., Jochum, M., Lengaigne, M., Power, S., Timmermann, A., Vecchi, G., Wittenberg, A. 2010. "The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño". *Nature Geoscience*. 3 (6), pp. 391–397.

- Conti, S., Meli, P., Minelli, G., Solimini, R., Toccaceli, V., Vichi, M., Beltrano, C., Perini, L. 2005. Epidemiologic Study of Mortality During the Summer 2003 Heat Wave in Italy. *Environmental Research*. 98 (3), 390-399.
- De Lima, M.I.P., Espirito, S.F., Ramos, A.M., Trigo, R.M., 2014. Trends and Correlations in Annual Precipitation Indices for Mainland Portugal, 1941 – 2007. *Theor Appl Climatol*. DOI:10.1007/s00704-013-1079-6
- Easterling, D.R., Kates, R.W. 1995. Indexes of Leading Climate Indicators for Impact Assessment. *Climatic Change*. 31 (2/4), 623-648.
- Easterling, D.R., Horeon, B., Jones, D.P., Peterson, T.C., Karl, T.R., Parker, D.E., Salinger, M.J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P., Folland, K. 1997. Maximum and Minimum Temperature Trends for the Globe. *Science*. 227, 364-367.
- Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changnon, S.A., Karl, T.R., Mearns, L.O. 2000. Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts. *Science*. DOI:10.1126/science.289.5487.2068
- Fischer, E.M., Schär, C. 2009. Future Changes in Daily Summer Temperature Variability: Driving Processes and Role for Temperature Extremes. *Climate Dynamics*. 33 (7/8), 917-935.
- Goodess, C., Jacob, D., Déqué, M., Gutiérrez, J., Huth, R., Kendon, E., Leckebusch, G., Lorenz, P., Pavan, V. 2009. *ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project*. Tech. rep. Met Office Hadley Centre.
- Gorczyński, L. 1920. Sur le Calcul du Degré du Continentalisme et Son Application dans la Climatologie. *Geografiska Annaler*. 2, 324-331.
- Hanel, M., Buishand, T.A. 2010. On the Value of Hourly Precipitation Extremes in Regional Climate Model Simulations. *Journal of Hydrology*. 393(3-4), 265-273.
- Hengl, T. 2009. *A Practical Guide to Geostatistical Mapping*. Amsterdam, University of Amsterdam. pp 291.
- Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M. 2008: A European Daily High-resolution Gridded Dataset of Surface Temperature and Precipitation. *J. Geophys. Res (Atmospheres)*, DOI:10.1029/2008JD10201
- IPCC, 2000. *Emissions Scenarios*, Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart (Eds.), Cambridge University Press, UK. pp 570
- IPCC, 2010. *Understanding Climate Change 22 years of IPCC assessment*, brochure, pp 9
- IPCC, 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on 51 Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 582.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. pp 1552.
- IPCC, 2014b. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. pp 1132.
- IPCC, 2014c. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.



- Jylhä, K., Jokisalo, J., Ruosteenoja, K., Pilli-Sihvola, K., Kalamees, T., Seitola, T., Mäkelä, H., Hyvönen, R., Laapas, M., Drebs, A. 2015: Energy Demand for the Heating and Cooling of Residential Houses in Finland in a Changing Climate. *Energy and Buildings*. DOI:10.1016/j.enbuild.2015.04.001.
- Katz, R.W. 1999. Extreme Value Theory for Precipitation: Sensitivity Analysis for Climate Change. *Advances in Water Resources*. 23, 133-139.
- Kažys, J., Stankūnavičius, G., Rimkus, E., Bukantis, A., Valiukas, D. 2011. Long-range Alternation of Extreme High Day and Night Temperatures in Lithuania. *Baltica*. 24 (2), 71-82.
- Kjellström, E., Ruosteenoja, K. 2007. Present-day and Future Precipitation in the Baltic Sea Region as Simulated in a Suite of Regional Climate Models. *Climatic Change*. DOI:10.1007/s10584-006-9219-y
- Kjellström, E., Nikulin, G., Hansson, U.L.F., Strandberg, G., Ullerstig, A. 2011. "21st century changes in the European climate: uncertainties derived from an ensemble of regional climate model simulations". *Tellus A* 63 (1), pp. 24-40.
- Kļaviņš, M., Blumberga, D., Bruņeniece, I., Briede, A., Griškule, G., Andrušaitis, A., Āboliņa, K. 2008. *Klimata mainība un globālā sasilšana*. Rīga, Latvijas Universitāte. 174 lpp.
- Kļaviņš, M., Avotniece, Z., Rodinovs, V. 2012. Heat Waves in Latvia: Occurrence, Impacts and Consequences. In: Kļaviņš M., Briede, A. (eds) *Climate Change in Latvia and Adaptation to it*. Rīga, Latvijas Universitāte. 62-76.
- Kļaviņš, M., Briede, A. (eds). 2012. *Climate Change in Latvia and Adaptation to it*. Rīga, University of Latvia Press. pp 188.
- Kļaviņš, M. (ed) 2007. *Climate Change in Latvia*. Rīga, University of Latvia Press. pp 272.
- Kokorīte, I. 2007. *Latvijas virszemes ūdeņu ķīmiskais sastāvs un to ietekmējošie faktori: promocijas darbs*, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte, Rīga.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F. 2006. World Map of the Koppen-Geiger Climate Classification Updated. *Meteorologische Zeitschrift*. 15 (3), 259-265.
- Lerchl, A. 1998. Changes in the Seasonality of Mortality in Germany from 1946 to 1995: the Role of Temperature. *International Journal of Biometeorology*. 42 (2), 84-88.
- Lizuma, L., Kļaviņš, M., Briede, A., Rodinovs, V. 2007. Long-term Changes of Air Temperature in Latvia. In: Kļaviņš M (ed) *Climate change in Latvia*, 11-20.
- Lizuma, L. 2008. *Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu mainības raksturs Rīgā: promocijas darbs*, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte, Rīga.
- Luomaranta, A., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Gregow, H., Haapala, J., Laaksonen, A. 2014: Multimodel Estimates of the Changes in the Baltic Sea Ice Cover During the Present Century. *Tellus A*. DOI:http://dx.doi.org/10.3402/tellusa.v66.22617.
- Lutgens, F.K., Tarbuck, E.J. 2013. *The Atmosphere: An Introduction to Meteorology*. 12<sup>th</sup> edn. Prentice Hall, New Jersey. pp 528.
- Mason, S.J., Waylen, P.R., Mimmack, G.M., Rajaratnam, B., Harrison, J.M. 2004. Changes in Extreme Rainfall Events in South Africa. *Climatic Change*. 41 (2), 249-257.
- Meinshausen, M., Smith, S.J., Calvin, K. et al. 2011. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Climatic Change*. DOI:10.1007/s10584-011-0156-z
- Michalet, R. 1991. Nouvelle synthèse bioclimatique des milieux méditerranéens. Application au Maroc septentrional. *Revue d'écologie alpine*. 1, 59-80.

- Naveau, P., Nogaj, M., Ammann, C., Yiou, P., Cooley, D., Jomelli, V. 2005. Statistical Methods for the Analysis of Climate Extremes. *C. R. Geoscience*. 337, 1013–1022.
- Oliver, J.E., Hidore, J.J. 2002. *Climatology: an Atmospheric Science*. 3<sup>rd</sup> edn. Upper Saddle River, Prentice Hall, New York.
- Papanastasiou, D.K, Melas, D., Bartzanas, T., Kittas, C. 2009. Temperature, Comfort and Pollution Levels During Heat Waves and the Role of Sea Breeze. *International Journal of Biometeorology*. DOI:10.1007/s00484-009-0281-9
- Planton, S., Lionello, P., Artale, V., Aznar, R., Carrillo, A., Colin, J., Congedi, L., Dubois, C., Elizalde, A., Gualdi, S., Hertig, E., Jacobeit, J., Jordà, G., Li, L., Mariotti, A., Piani, C., Ruti, P., Sanchez-Gomez, E., Sannino, G., Sevault, F., Somot, S., Tsimplis, M. 2012. The Climate of the Mediterranean Region in Future Climate Projections, In: P. Lionello (Ed) *The Climate of the Mediterranean Region*. Elsevier, Oxford. DOI:10.1016/B978-0-12-416042-2.00008-2
- Пильникова, З.Н. (ред) 1990. *Научно-прикладной справочник по климату СССР*. Серия 3, части 1-6, выпуск 5, Латвийская ССР. Ленинград Гидрометеоиздат.
- Rafferty, J.P. 2011. *Climate and Climate Change*. New York, Britannica Educational Publishing. pp 345.
- Räisänen, J. and Ylhäisi, J.S. 2015: CO2-induced Climate Change in Northern Europe: CMIP2 Versus CMIP3 Versus CMIP5. *Climate Dynamics*, DOI:10.1007/s00382-014-2440-x.
- Räisänen, J. and O. Räty, 2013. Projections of Daily Mean Temperature Variability in the Future: Cross-validation Tests with ENSEMBLES Regional Climate Simulations. *Climate Dynamics*. DOI:10.1007/s00382-012-1515-9.
- Richard, O.G. 1987. *Statistical Methods for Environmental Polluting Monitoring*. John Wiley & Sons, Canada. pp 336.
- Robine, J.M., Cheung, S.L.K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.P., Herrmann, F.R. 2008. Death Toll Exceeded 70,000 in Europe During the Summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies*. 331 (2), 171-178.
- Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Jylhä, K., Mäkelä, H., Lehtonen, I., Simola, H., Luomaranta, A., Weiher, S. 2013: Maailmanlaajuisiin CMIP3-malleihin perustuvia arvioita Suomen tulevasta ilmastossa (Climate Change Estimates for Finland on the Basis of Global CMIP3 Climate Models). *Ilmatieteen laitos Raportteja 2013:4*, pp 83.
- Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Kämäräinen, M. 2015: Projections for the Duration and Degree Days of the Thermal Growing Season in Europe Derived from CMIP5 Model Output. *International Journal of Climatology*. DOI:10.1002/joc.4535.
- Scafetta, N., West, B.J., 2008. Is Climate Sensitive to Solar Variability? *Phys. Today*. 61(3), 50-51.
- Schliep, E.M., Cooley, D., Sain, S.R., Hoeting, J.A. 2010. A Comparison Study of Extreme Precipitation from Six Different Regional Climate Models via Spatial Hierarchical Modeling. *Extremes*. 13(2), 219-239.
- Singh, A.K., Allen, D.E., Robert, P.J. 2013. Extreme Market Risk and Extreme Value Theory. *Mathematics and Computers in Simulation*. 94, 310-328.
- The BACC Author Team, 2008. *Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*. Berlin, Springer. pp 496.
- The BACC II Author Team, 2015. *Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*. Berlin, Springer. pp 477.

Trenberth, K.E., Jones, P.D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein Tank, A.M.G., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J.A., Rusticucci, M., Soden, B., Zhai, P. 2007: Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: Solomon, S. et al. (eds) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press. 237-336.

UNEP, 2007. *Global Outlook for Ice and Snow*. Birkenland, Norway. pp 238.

Wilks, D.S. 2006. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. 2<sup>nd</sup> edn. International Geophysics Series. Vol 9. Academic Press. pp 627.

Wirehn, L. 2011. *Baltic Climate. Baltic Challenges and Chances for local and regional development generated by Climate Change. Final Report. Questionnaire Results – Regional Conditions, Problems and Potentials due to Climate Change*. Centre for Climate Science and Policy Research. pp 282.

World Meteorological Organization, 2013. *The Global Climate 2001 – 2010. A Decade of Climate Extremes. Summary Report WMO-No. 1119*. Geneva, World Meteorological Organization. pp 15.

World Meteorological Organization, 2011. *Guide to Climatological Practices. WMO-No. 100*, 2011 edn. Geneva, World Meteorological Organization. pp 117.

World Meteorological Organization, 2008. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8*. 7<sup>th</sup> edn. Geneva, World Meteorological Organization. pp 681.

World Meteorological Organization and World Health Organization, 2015. *Heat Waves And Health: Guidance On Warning System Development. WMO-No. 1142*. Geneva, World Meteorological Organization. pp 114.

Zbigniew, U., Danuta, C., Agnieszka, W. 2010. Extreme Values of Air Temperature in Poland According to Different Atmospheric Circulation Classifications. *Physics and Chemistry of the Earth*. 35, 429-436.

Zhang, X. and Yang, F. 2004. *RClimDex (1.0) User Manual*. Climate Research Branch Environment Canada, Downsview, Ontario, Canada. pp 22.

## Interneta resursi

ECA&D, 2016. *Indices of Extremes. Indices Dictionary*. Sk. 22.07.2016. Pieejams <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>

European Commission, 2016. *Climate Action. Sectors Affected*. Sk. 22.07.2016. Pieejams: [http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/how/sectors/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/how/sectors/index_en.htm)

Eccel, E., Cordano, E., Toller, G., Zottele, F. 2015. *Climate Classification According to Several Indices. Package “ClimClass” reference manual*. Sk. 22.07.2016. Pieejams: <https://cran.r-project.org/web/packages/ClimClass/ClimClass.pdf>

IPCC, 2016. History. Sk. 20.09.2016 Pieejams: [http://ipcc.ch/organization/organization\\_history.shtml](http://ipcc.ch/organization/organization_history.shtml)

Klein Tank, A.M.G. 2004. *Changing Temperature and Precipitation Extremes in Europe's Climate of the 20th Century*. Sk. 22.07.2016. Pieejams: [http://eca.knmi.nl/documents/Thesis\\_KleinTank\\_2004.pdf](http://eca.knmi.nl/documents/Thesis_KleinTank_2004.pdf)

- LVĢMC, 2010. *Stipra snigšana Kurzemē 2009. gada 16.-17. decembrī*. Sk. 19.07.2016. Pieejams: [http://www.meteo.lv/fs/files/CMSP\\_Static\\_Page\\_Attach/00/00/00/01/80/2009\\_12\\_16-17.pdf](http://www.meteo.lv/fs/files/CMSP_Static_Page_Attach/00/00/00/01/80/2009_12_16-17.pdf)
- LVĢMC, 2013. *Visstiprākie vēji Latvijā*. Sk. 21.07.2016. Pieejams: <http://www.meteo.lv/lapas/visstiprskie-veji-latvija?id=1844>
- LVĢMC, 2014. *2014. gada 11.-20. oktobris - ar nokrišņiem visbagātākā oktobra otrā dekāde Latvijā*. Sk. 18.07.2016. Pieejams: <http://www.meteo.lv/jaunumi/laika-apstakli/2014-gada-11-20-oktobris-ar-nokrisniem-visbagataka-oktobra-otra-dekade?id=843&cid=100>
- LVĢMC, 2015. *Laika apstākļu raksturojums 2015. gada oktobrī*. Sk. 18.07.2016. Pieejams: <http://www.meteo.lv/jaunumi/laika-apstakli/laika-apstaklu-raksturojums-2015-gada-oktobri?id=1143&cid=100>
- Met Office, 2016. *What is Precipitation?* Sk. 07.07.2016. Pieejams: <http://www.metoffice.gov.uk/learning/rain/what-is-precipitation>
- NWS, 2010. *Origin of Wind*. Sk. 22.07.2016. Pieejams: <http://www.srh.noaa.gov/jetstream/synoptic/wind.htm>
- Pebesma, E., Graeler, B. 2016. *Spatial and Spatio-Temporal Geostatistical Modelling, Prediction and Simulation. Package "gstat" reference manual*. Sk. 22.07.2016. Pieejams: <https://cran.r-project.org/web/packages/gstat/gstat.pdf>
- Ruosteenoja, K., Kämäräinen, M., Aniskeviča, S., Pirinen, P., Mäkelä, A., 2016. *Development of climate change scenarios for Latvia for the period until the year 2100*. Reports 2016:7, Finnish Meteorological Institute, 51 p. Sk.01.12.2016. Pieejams: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/169637>
- Šmite, S. 2014. *Ļoti stipras pērkona lietusgāzes Siguldā 2014. gada 29. jūlijā*. Sk. 18.07.2016. Pieejams: <http://www.meteo.lv/lapas/laika-apstakli/fakti-un-noderiga-informacija/sarezgito-sinoptisko-situaciju-analizes/loti-stipras-perkona-lietusgazes-sigulda-2014-gada-29-julija/loti-stipras-perkona-lietusgazes-sigulda-2014-gada-29-julija?id=1981&nid=946>

## **Nepublicēti materiāli**

- LVĢMC, 2016. *Definēto laika parādību intensitāte*. PKD HMPN instrukcija PKD 01-08 'Terminoloģija un norādījumi meteoroloģisko prognožu un brīdinājumu sastādīšanai'