

**GAISA TEMPERATŪRAS PĀRMAIŅAS LATVIJĀ (1991–2020)****SHIFTS OF THE AIR TEMPERATURE IN LATVIA FROM 1991 TO  
2020****Gunta Kalvane, Andis Kalvans, Agrita Briede**

University of Latvia

Gunta.kalvane@lu.lv

**Abstract**

Evidence of the climate changes are evident in all regions of the world. In this study we examine the air temperature variability in Latvia during the last climate normal (1991-2020) in comparison with the previous two climate normals (1971-2000; 1981-2010), as well reference period (1961.-1990) describing seasonal and regional changes. Over last 60-years (1961-2020), the annual mean temperature has increased by 1.2°C across Latvia, with largest increase (0.5°C) between the last two climate normals (1991-2020 and 1981-2010). Across Latvia, winter temperatures have risen more rapidly by around 2°C, while summer temperatures have risen by around 1°C.

The study revealed a shift in climate types: in the western part of the country near Baltic Sea coast, climate zones have changed from boreal (Dfb zone) to temperate (Cfb zone) according to the classification of W. Koppen. In these areas, the coldest month (January or February) has an average air temperature above -3°C. The values of the continentality indices have also changed, with a decrease in the influence of the continentality effect, that is particularly strong in the eastern part of Latvia.

**Keywords:** annual mean air temperature, seasonality, continentality, climate change

**Kopsavilkums**

Klimata mainības signāli, atšķiroties to intensitātei, biežumam un sezonālajām izpausmēm, izpaužas visos pasaules reģionos. Pētījumā ir analizēta pēdējā klimatiskās normas perioda (1991–2020) gaisa temperatūras mainība Latvijā, salīdzinot to ar iepriekšējiem diviem klimatiskās normas periodiem (1971–2000 un 1981–2010), kā arī klimatisko references periodu (1961–1990), aprakstot sezonālās un reģionālās pārmaiņas. Latvijas teritorijā 60 gadu laikā (1961–2020) gada vidējā temperatūra ir paaugstinājusies par 1.2°C. Tomēr straujākās pārmaiņas ir novērotas starp pēdējiem diviem klimatiskās normas periodiem (1991–2020 un 1981–2010), kad vidējā temperatūra paaugstinājusies par 0.5°C. Visā Latvijas teritorijā 60 gadu laikā ziemas temperatūra ir paaugstinājusies straujāk, par aptuveni 2°C, savukārt, vasaras mēnešu temperatūra paaugstinājusies aptuveni par 1°C. Pētījumā tika konstatēta klimata tipu pārbīde: valsts rietumu reģionos klimata zonas no boreālās (Dfb zona) ir mainījušas uz temperāto (Cfb zona) tipu pēc V. Kopena klasifikācijas. Šajās teritorijās aukstākā mēneša (janvāris vai februāris) vidējā gaisa temperatūra ir virs -3°C. Samazinājusies arī klimata kontinentalitāte, īpaši valsts austrumos.

Klimatisko normu periodu analīze skaidri parāda klimata pārmaiņu tendences – gaisa temperatūras paaugstināšanos, ļaujot ieraudzīt liela mēroga pārmaiņas uz starpgadu meteoroloģisko apstākļu mainības fona. Klimatiskās normas perioda meteoroloģisko apstākļu analīze veido pamatu adaptācijas

pasākumu plānošanai un izvērtēšanai, gaisa temperatūras mainībai ir būtiska ietekme gan uz lokālo ekonomiku, gan ekosistēmu, gan sociālo vidi.

### Ievads

Gaisa temperatūra, salīdzinot pēdējo klimatisko normas periodu (1991–2020) ar pirmsindustriālo periodu, Eiropas teritorijā vidēji ir paaugstinājusies par 1.7–1.9°C, pie tam gaisa temperatūras paaugstināšanās Eiropā ir izteiktāka nekā pasaulē vidēji (attiecīgi pasaulē 0.94–1.03°C) (EEA, 2021). Pēdējais klimatiskās normas periods ir uzskatāms par siltāko periodu meteoroloģisko novērojumu vēsturē gan Eiropā, gan pasaulē globāli.

Likumsakarīgi, ka temperatūras kāpums raksturīgs arī Baltijas jūras reģionam (Jaagus et al., 2014; Tomczyk et al., 2014), pie tam atsevišķos pētījumos minēts, ka Baltijas jūras reģions ir viens no sensitīvākajiem reģioniem attiecībā uz gaisa temperatūras pārmaiņām. Ir secināts, ka gaisa temperatūras paaugstināšanās Baltijas jūras reģionā ir bijusi viena no straujākajām Eiropā (Meier et al., 2021).

Baltijas jūras reģionam ir raksturīga ne tikai gada vidējās temperatūras paaugstināšanās, bet fiksētas arī būtiskas sezonālās pārmaiņas, īpaši ziemas sezonā. Palielinājusies arī diennakts minimālās un diennakts maksimālās temperatūras vērtība.

Baltijas valstu teritorijā gaisa temperatūras raksturu nosaka un ietekmē gan liela mēroga faktori, piemēram, Baltijas jūra, gan lokāla mēroga faktori, piemēram, reljefs, zemes seguma un lietojuma veids, kā arī ūdenstilpju tuvums un lielums (Jaagus et al., 2014). Gan diennakts, gan gada temperatūras gaitai ir vērojamas atšķirības piekrastē un kontinentālajā daļā.

Lokālie un reģionālie pētījumi detalizētāk parāda un raksturo gaisa temperatūras dinamiku un ietekmes raksturu, kas īpaši svarīgi klimata adaptācijas un pielāgošanās mehānismu un scenāriju izstrādē, jo pētījumi liecina, ka temperatūras paaugstināšanās raksturs Baltijas jūras reģionā turpināsies. Atsevišķi modeļi prognozē īpaši izteiktu gaisa temperatūras paaugstināšanos tieši Baltijas jūras reģionā, jo īpaši tā ziemeļu un centrālajā daļā, kas būs īpaši spilgti izteikts ziemas sezonā (EEA, 2021b).

Pētījuma mērķis – raksturot pēdējā klimatiskā normas perioda (1991–2020) gada un sezonālās temperatūras dinamiku/mainību Latvijas teritorijā, salīdzinot novirzes no vidējās vērtības ar citiem klimatiskās normas periodiem, kā arī references periodu, atbildot uz jautājumu, vai pēdējā klimatiskās normas periodā turpinās tikpat izteikta gaisa temperatūras paaugstināšanās? Otrs pētījuma jautājums - vai samazinās kontinentalitātes indekss, vai gaisa temperatūras raksturs zaudē reģionalizāciju? Treškārt, kāds ir gaisa temperatūras reģionālais un sezonālais raksturs, kā arī pārmaiņas.

### Dati un metodes

Pētījumā izmantoti E-OBS gridētie meteoroloģiskie dati (Cornes et al., 2018) Latvijas teritorijai ar nominālo izšķirtspēju 0.1°, kas pieejami ES Copernicus programmas Klimata datu servisā. Lietoti arī Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģiskā centra (LVĢMC) novērojumu dati (norādot pie attēla), kas pieejami LVĢMC datu arhīvā elektroniskā formā laika periodā no 1961. līdz 2020. gadam.

Dati primāri analizēti Pasaules Meteoroloģiskās organizācijas noteiktā, pēdējā klimatiskās normas perioda – 1991.–2020. gads - griezumā, kā arī salīdzināti ar iepriekšējiem klimatiskās normas periodiem (1971–2000; 1981–2010) un references periodu – 1961. –1990. gads.

Kontinentalitātes indekss aprēķināts, izmantojot Gorczynski formulu (Gorczyński, 1920) - adaptēts no Z. Avotnieces un līdzautoriem (2017), kam pamatā ir gada siltākās ( $T_{max}$ ) un aukstākās ( $T_{min}$ ) mēneša vidējās gaisa temperatūras starpība, normalizēta pēc ģeogrāfiskā platuma grāda ( $Lat$ ):

$$k = 1.7 \frac{T_{max} - T_{min}}{\sin(Lat)} \quad (1)$$

Pētījumā izmantota V. Kopena (W.Köppen) klimata klasifikācija, kuras izstrādes pamatā ir empīriskās attiecības starp klimatu un veģetāciju. Tā izmanto ikmēneša temperatūru un nokrišņus, lai noteiktu dažādu klimata tipu robežas visā pasaulē (Chen & Chen 2013).

Ilgtermiņa tendenču jeb trendu noteikšanai tika izmantots daudzvariāciju, neparametriskais Manna–Kendala tests (Libiseller & Grimvall 2002), kas ļauj noteikt monotona trenda vērtības datu rindām, kas neatbilst normālsadalījumam, kā arī ir relatīvi robusts pret iztrūkstošām un anomālām vērtībām. Manna-Kendala testa pamatā ir tā sauktais rangu jeb pāru princips, pēc kura salīdzina divas novērojumu vērtības. Manna-Kendala testu var izmantot datu rindām, kam ir sezonāls vai sērijveida mainības raksturs, jo tas ļauj aprēķināt testa vērtības katram mēnesim atsevišķi. Pētāmā parametra mainības tendences tika uzskatītas par būtiskām, ja p-vērtība bija mazāka par 0.01, tas ir varbūtība, ka rezultātam ir nejaušs raksturs bija mazāka par 1%. Manna-Kendala trenda testa vērtības un ticamības līmenis aprēķināts ar R pakotni “trend” (Pohlert, 2020).

Meteoroloģiskie un klimatiskie dati analizēti brīvpieejas datu apstrādes un analīzes R vidē (R Core Team, 2021) datu apstrādei, izmantojot “tidyvers ecosystem” pakotnes (Wickham et al., 2019).

## Rezultāti

### *Gada vidējās temperatūras pārmaiņas*

Latvijas teritorijas novietojums Baltijas jūras krastā, kā arī viļņotais, paugurainais reljefs un hidroloģiskais tīkls ir noteicis relatīvi nevienlīdzīgo gaisa temperatūras sadalījumu – Baltijas jūras piekrastes teritorijās (jo īpaši teritorijas dienvidrietumos) gada vidējā gaisa temperatūra sasniedz  $+8^{\circ}\text{C}$ , centrālās un austrumdaļas augstienēs gada vidējā temperatūra ir zemāka par  $+6^{\circ}\text{C}$ . (1. att.), t.i., gada vidējā temperatūra pakāpeniski samazinās no rietumiem uz austrumiem, t.i., pieaugot kontinentalitātei.

Gada vidējā gaisa temperatūra klimatiskās normas periodā (1991–2020) Latvijas teritorijā ir bijusi  $6.88^{\circ}\text{C}$ , variējot no  $7.87^{\circ}\text{C}$  Liepājā līdz  $5.69^{\circ}\text{C}$  Alūksnē. Kopumā gada vidējā gaisa temperatūra Latvijā variējusi 4 grādu robežās - no  $4.99^{\circ}\text{C}$  (1996) līdz  $8.91^{\circ}\text{C}$  (2020) – attiecīgi 1996. gads ir bijis aukstākais pēdējā references periodā, savukārt 2020. gads – siltākais. Jāpiebilst, ka 2020. gads ir bijis siltākais kopš 1961. gada, aukstākais gads ir bijis 1987. gads, kad gada vidējā temperatūra ir bijusi  $3.94^{\circ}\text{C}$ .

Zīmīgi, ka pēdējā klimatiskās normas periodā ir fiksētas ievērojamas gada vidējās temperatūras pārmaiņas, jo īpaši augstieņu teritorijās. 1981.–2010. gada periodā vidējā temperatūra Baltijas jūras piekrastē bijusi  $7.44^{\circ}\text{C}$  (Liepājas NS dati), savukārt augstienēs  $5.25^{\circ}\text{C}$  (Alūksnes NS dati), gada vidējā temperatūra salīdzinājumā ar pēdējo klimatiskās normas periodu paaugstinājusies par  $0.4^{\circ}\text{C}$ .

Kopumā 60 gadu laikā (kopš 1961. gada) visā Latvijas teritorijā gada vidējā temperatūra ir mainījusies par  $1.26^{\circ}\text{C}$ . References periodā (1961–1990) gada vidējā temperatūra ir bijusi  $5.62^{\circ}\text{C}$ , savukārt, pēdējā klimatiskās normas periodā (1991–2020) –  $6.88^{\circ}\text{C}$ . Zīmīgi, ka lielākās gada vidējās temperatūras pārmaiņas fiksētas starp pēdējo un trešo periodu, attiecīgi gada vidējā temperatūra starp 1981.–2010. un 1991.–2020. gada periodu ir paaugstinājusies par  $0.5^{\circ}\text{C}$  (gada vidējā temperatūra 1981.–2010. gada periodā ir bijusi  $6.37^{\circ}\text{C}$ ).

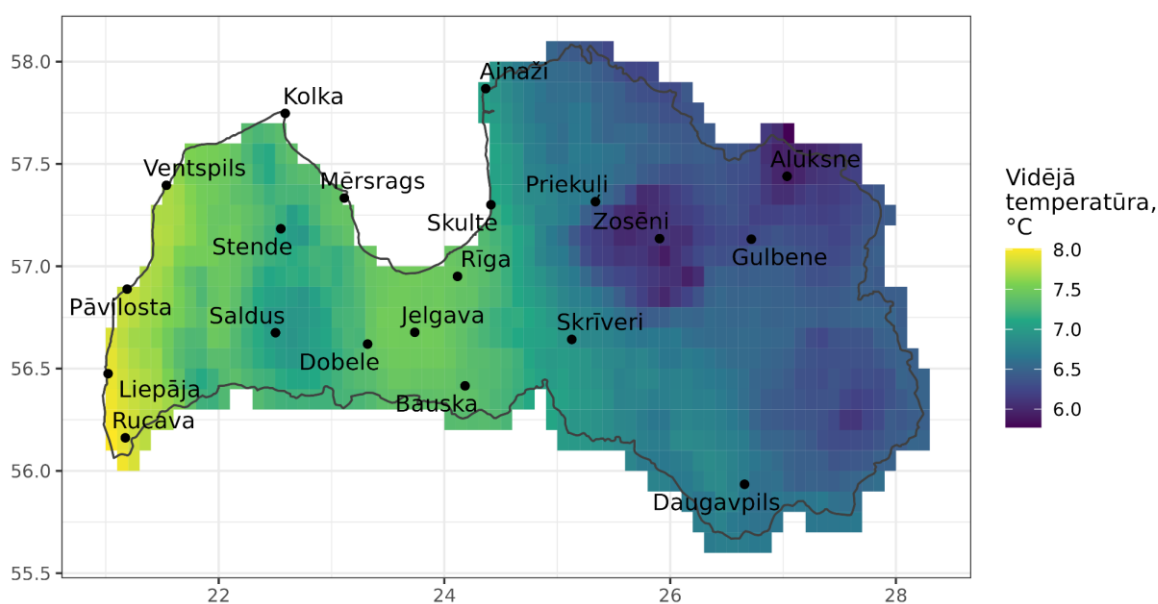
Gada vidējās temperatūras raksturam ir augšupejoša tendence, kas nozīmē, ka Latvijas teritorijā gada vidējā gaisa temperatūra paaugstinās. Ja 20. gs. 70. gados vidējā temperatūra ir bijusi ap  $5^{\circ}\text{C}$ , tad pēdējās desmitgadēs, jau  $7^{\circ}\text{C}$ . 2020. gada vidējā gaisa temperatūra Latvijā bija  $+8.9^{\circ}\text{C}$ . Augšupejoša gaisa temperatūras tendence ir vērojama visās analizētajās stacijās gan Baltijas jūras piekrastes teritorijās, gan kontinentālajā daļā.

Veiktās Manna-Kendala neparametriskā trenda testa analīzes apliecina minēto, ka gada vidējai temperatūrai ir paaugstināšanās tendence, kas jo īpaši izteikta pēdējā klimatiskās normas periodā (1991–2020). Pēdējā klimatiskās normas periodā piejūras stacijās – Kolkā un Liepājā – taisnes regresijas koeficienta (*slope*) vērtība ir  $0.045^{\circ}\text{C}/\text{gadā}$ , kas ir  $0.45^{\circ}\text{C}/\text{desmitgadē}$ , savukārt kontinentālajā daļā – Daugavpilī –

0.055°C/gadā jeb 0.55°C/desmitgadē. References periodā un pirmajā klimatiskās normas periodā (1971–2000) gada vidējai gaisa temperatūrai ir tendence paaugstināties, savukārt pēdējā klimatiskās normas periodā (1991–2000) trends ir izteikts un statistiski ticams (visās stacijās p-vērtība ir <0.05).

Taisnes regresijas koeficientu (*slope*) vērtību analīze arī parāda gaisa temperatūras pārmaiņu dinamiku, tā, piemēram, Rīgas pilsētā taisnes regresijas koeficienta vērtības references periodā (1961–1990) ir bijušas visaugstākās, taču pēdējā periodā – viszemākās, salīdzinot ar citām meteoroloģiskajām stacijām, attiecīgi 0.04°C/gadā abos periodos. Interesanti, ka Kolkas novērojumu stacijā taisnes regresijas koeficienta vērtības pēdējā klimatiskās normas periodā ir izteiktākas, t.i., lielākas nekā Rīgā.

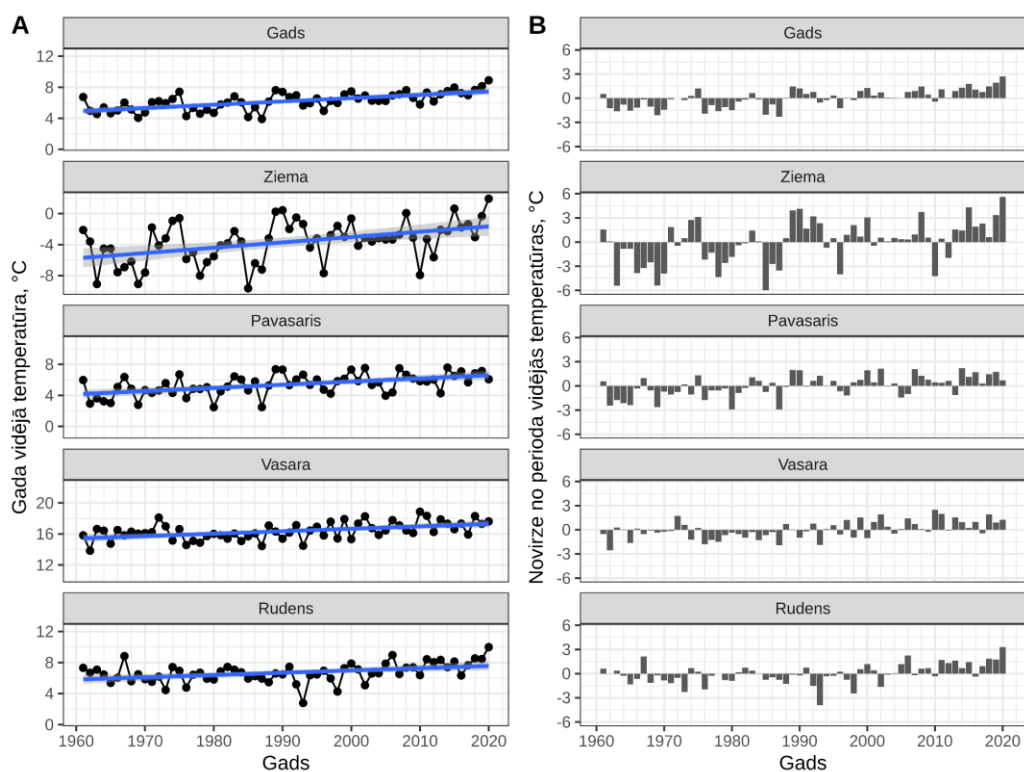
Gaisa temperatūras dinamikā 1989./1990. gads iezīmē lūzumpunktu - ir izteikta gaisa temperatūras kāpuma intensitāte. Pēc šī perioda gaisa temperatūras raksturā parādās pozitīvas novirzes, t.i., novirzes no vidējām ilgtermiņa vērtībām ir pozitīvas – gada vidējā gaisa temperatūra ir bijusi vidēji siltāka nekā pirms šīs perioda. Tā, piemēram, pēdējā desmitgadē (2010–2020) deviņos no desmit gadiem novirze no ilgtermiņa vidējās ir bijusi pozitīva. Līdz 1989./1990.gadam gada vidējās gaisa temperatūras novirzes ir bijušas negatīvas, t.i., gada vidējā temperatūra ir bijusi vidēji zemāka. Šāds sadalījums ir raksturīgs visās analizētajās stacijās. Interesanti, ka tieši pirms 1989./1990.gada Latvijas teritorijā ir fiksēti divi aukstākie gadi (1986. un 1987.gads), kad gaisa temperatūra bijusi vidēji zemāka nekā 1961.–2020. gada periodā.



1. attēls. Gada vidējā temperatūra Latvijā klimatiskās normas 1991.–2020. gada periodā (autoru izveidots, izmantojot E-OBS datus)

**Gaisa temperatūras mainība sezonālā griezumā**

Pēdējā klimatiskās normas periodā, kā arī ilgtermiņā, ir mainījies ne tikai gada vidējās temperatūras raksturs, bet arī gaisa temperatūras sezonālais sadalījums (2. attēls). Gada vidējā temperatūra Latvijā klimatiskās normas 1991.–2020. gada periodā ir svārstījies 4 grādu amplitūdā (no 5.0°C 1996. gadā līdz 8.9°C 2020. gadā). Savukārt mēnešu griezumā vidējā temperatūra Latvijā variējusi 22.5 grādu amplitūdā: no -3.4°C (februāra vidējā temperatūra visā periodā) līdz 18.1°C (jūlija vidējā temperatūra). Gan aukstākais, gan siltākais perioda mēnesis ir bijis 2010. gadā, attiecīgi janvāris (vidējā temperatūra -14.2°C) un jūlijs (+23.1°C). Savukārt klimatiskās references periodā (1961–1990) aukstākais gada mēnesis Latvijā vidēji bija janvāris ar vidējo gaisa temperatūru -5.8°C, bet pēdējā klimatiskās normas periodā (1991–2020) aukstākais mēnesis bijis februāris ar vidējo gaisa temperatūru -3.4°C, lai gan vidējā janvāra temperatūra šajā periodā ir līdzīga -3.2°C.



2. attēls. Gada un sezonas vidējā temperatūra (A) un novirze no perioda vidējās temperatūras gada un sezonas griezumā (B) Latvijā no 1961. līdz 2020. gadam (autoru izveidots, izmantojot E-OBS datus)

Ziemas mēnešu zemākā temperatūra ir novērota Latvijas austrumu reģionos. References periodā no 1961. līdz 1990. gadam aukstākais mēnesis Alūksnes un Daugavpils meteoroloģiskajās stacijās bija janvāris ar vidējo gaisa temperatūru

attiecīgi  $-7.6^{\circ}\text{C}$  un  $-6.7^{\circ}\text{C}$ , bet pēdējos gados (1991–2020) aukstākais mēnesis šajās abās stacijās ir februāris, attiecīgi  $-5.1^{\circ}\text{C}$  un  $-4.1^{\circ}\text{C}$ . Ir vērojama būtiska ziemas mēnešu temperatūras paaugstināšanās. Savukārt piekrastes apgabalos aukstākais mēnesis visā analizētajā periodā ir bijis februāris, kad vidējā gaisa temperatūra no 1961. līdz 1990. gadam Kolkā un Liepājā bija attiecīgi  $-3.6$  un  $-3.0^{\circ}\text{C}$ . Pēdējos gados (1991–2020) attiecīgi  $-1.6^{\circ}\text{C}$  Kolkas un  $-1.1^{\circ}\text{C}$  Liepājas meteoroloģiskajā stacijā. Arī piekrastē ir izteikta zemākās temperatūras paaugstināšanās gada aukstākajā mēnesī, lai gan mazāk izteikta kā austrumu reģionos. Kopumā gada aukstākā mēneša reģionālās pārmaiņas variē  $3-4^{\circ}\text{C}$  robežās (3. attēls).

Gada siltākais mēnesis visās novērojumu stacijās ir jūlijs (1. tabula). Periodā no 1961. līdz 1990. gadam jūlija vidējā temperatūra Latvijā bija  $16.6^{\circ}\text{C}$ , bet klimatiskās normas periodā no 1991. līdz 2020. gadam attiecīgi  $18.1^{\circ}\text{C}$ . Jūlija temperatūrai ir relatīvi nelielas reģionālās pārmaiņas – piekrastē, Kolkas un Liepājas stacijās, attiecīgi  $16.0^{\circ}\text{C}$  un  $16.4^{\circ}\text{C}$  references periodā un  $17.5^{\circ}\text{C}$  un  $17.9^{\circ}\text{C}$  1991.–2020. gada periodā. Latvijas teritorijas kontinentālajā daļā – Alūksnes un Daugavpils stacijās – attiecīgi  $16.2^{\circ}\text{C}$  un  $17.0^{\circ}\text{C}$  references periodā un  $17.4^{\circ}\text{C}$  un  $18.1^{\circ}\text{C}$  1991.–2020. gada periodā. Jūlija gaisa temperatūras reģionālas atšķirības variē  $1-1.5^{\circ}\text{C}$  robežās. Vasarā spilgti iezīmējas Rīgas pilsētas efekts, kad jūlija vidējā temperatūra sasniedz  $19.1^{\circ}\text{C}$ , kas ir par trīs grādiem vairāk kā atklātā Baltijas jūras piekrastes stacijās.

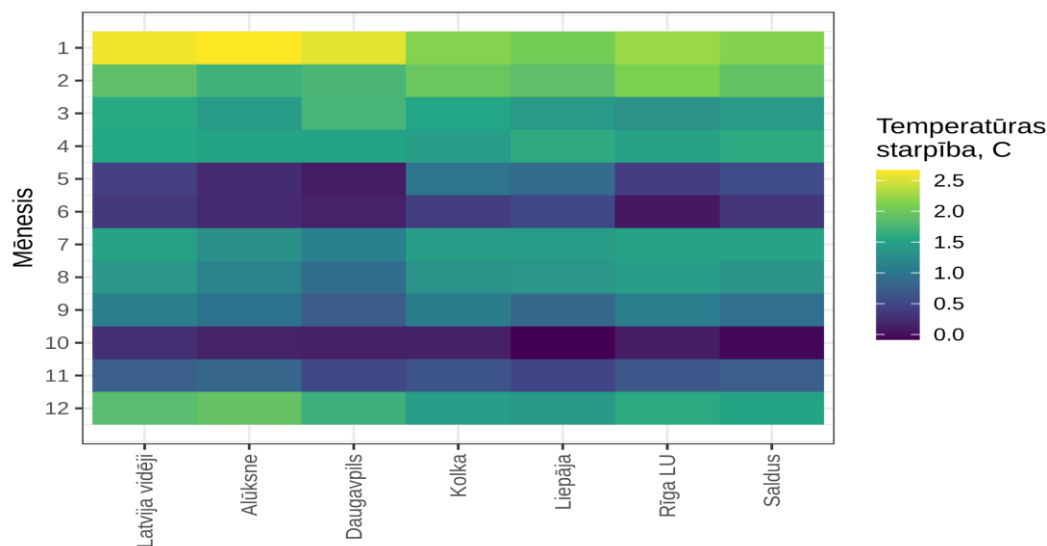
1.tabula. **Mēneša vidējā gaisa temperatūra meteoroloģisko novērojumu stacijās (LVĢMC dati) un Latvijā vidēji klimatiskās normas periodā (1991–2020)** (autoru izveidots, izmantojot E-OBS un LVĢMC datus)

Stacija	Janv.	Feb.	Marts	Apr.	Maijs	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Alūksne*	-4,9	-5,1	-1,1	5,5	11,3	15	17,4	16,1	11,2	5,3	0,5	-3
Daugavpils*	-4,1	-4,1	-0,1	6,7	12,2	15,9	18,1	16,8	11,9	6,3	1,5	-2,2
Kolka*	-0,8	-1,6	0,5	4,5	9,6	14,3	17,5	17,1	13,2	8,1	3,9	1
Liepāja*	-0,9	-1,1	1,3	6,2	11,2	14,8	17,9	17,7	13,7	8,5	4,2	1,1
Rīga LU*	-2,2	-1,7	1,3	7,3	13	16,9	19,4	18,5	13,5	7,6	2,9	-0,4
Saldus*	-2,7	-2,6	0,4	6,2	11,5	15	17,5	16,7	12,2	6,8	2,4	-0,9
Latvijā vidēji**	<b>-3,2</b>	<b>-3,4</b>	<b>0,1</b>	<b>6,2</b>	<b>11,7</b>	<b>15,5</b>	<b>18,1</b>	<b>17,1</b>	<b>12,4</b>	<b>6,7</b>	<b>2,1</b>	<b>-1,3</b>

\* LVĢMC dati \*\* E-OBS dati

Analizējot datus kalendāro mēnešu griezumā (3. attēls) iezīmējas tendence, ka gaisa temperatūra būtiskāk mainījies ziemas sezonas mēnešos – janvārī, decembrī, arī februārī, turklāt pārmaiņas ir izteiktākas pēdējā klimatiskās normas periodā. Kontinentālajā daļā ziemas gaisa temperatūra ir mainījies visbūtiskāk, vairāk kā  $2.5^{\circ}\text{C}$  robežās, salīdzinot ar references periodu. Zīmīgi, ka oktobrī, kā arī jūnijā gaisa

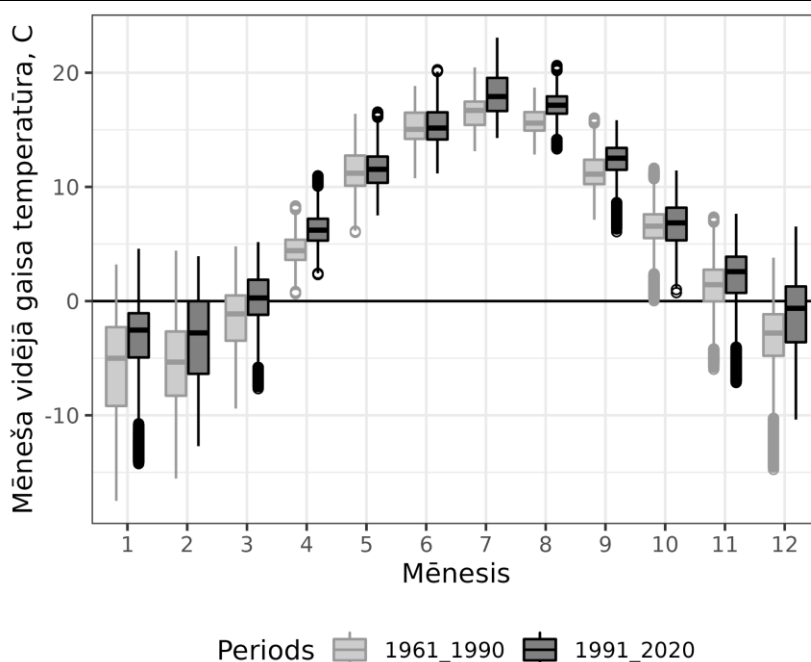
temperatūras raksturs ir mainījies vismazāk. Arī maija temperatūra, jo īpaši kontinentālajā daļā (Alūksnes, Daugavpils meteoroloģisko novērojumu stacijas) nav būtiski mainījies. Kopumā rudens mēnešos gaisa temperatūras pārmaiņas nav tik izteiktas kā ziemā.



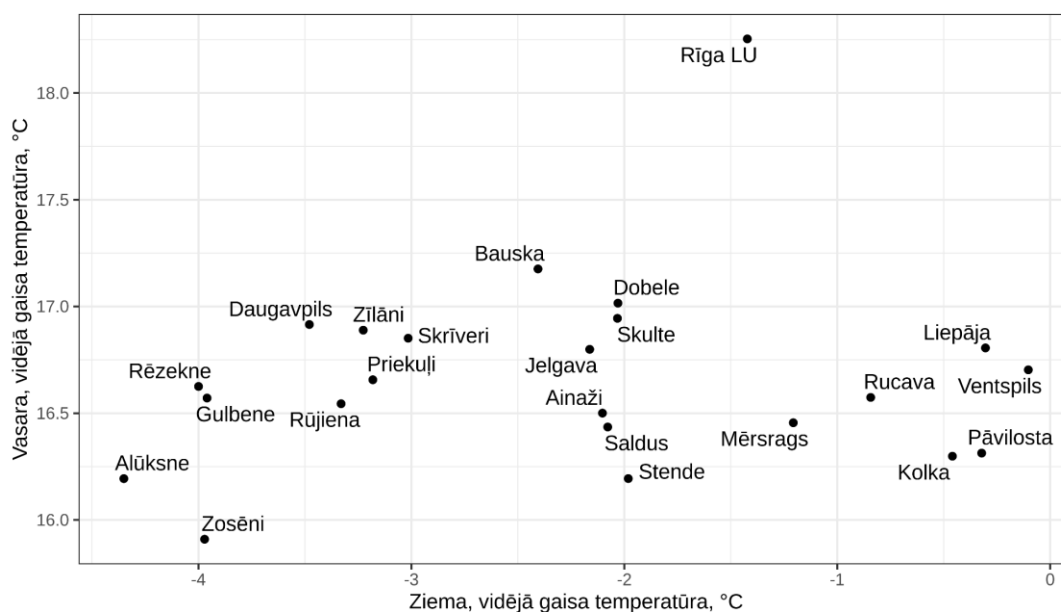
3. attēls. Mēneša vidējās gaisa temperatūras starpība klimatiskās normas periodā (1991–2020), salīdzinot ar references periodu (1961–1990) Latvijā vidēji (E-OBS dati) un meteoroloģisko novērojumu stacijās (LVĢMC dati) (autoru izveidots)

References periodā negatīvas mēneša vidējās temperatūras bijušas četros mēnešos – janvārī, februārī, decembrī, martā, kā arī nereti novembrī, savukārt pēdējā normas periodā – trīs mēnešos, pie tam decembra temperatūra bieži ir ap 0°C, nereti arī pozitīva. Ziemas mēnešos ir vērojamas vislielākās temperatūras amplitūdas jeb vērtību izkliede, piemēram, janvāra vidējā temperatūra pēdējā klimatiskā normas periodā Latvijas teritorijā variējusi aptuveni 20°C robežās (4. attēls). Savukārt vismazākā mēneša vidējās temperatūras izkliede ir augusta mēnesī (4. attēls). Augusta vidējai temperatūrai ir raksturīga vismazākā izkliede, t.i., gaisa temperatūra relatīvi viendabīga. Detalizēts un izvērsts mēnešu klimatiskais raksturojums pieejams LVĢMC Klimata portālā (Klimata portāls, bez datējuma).



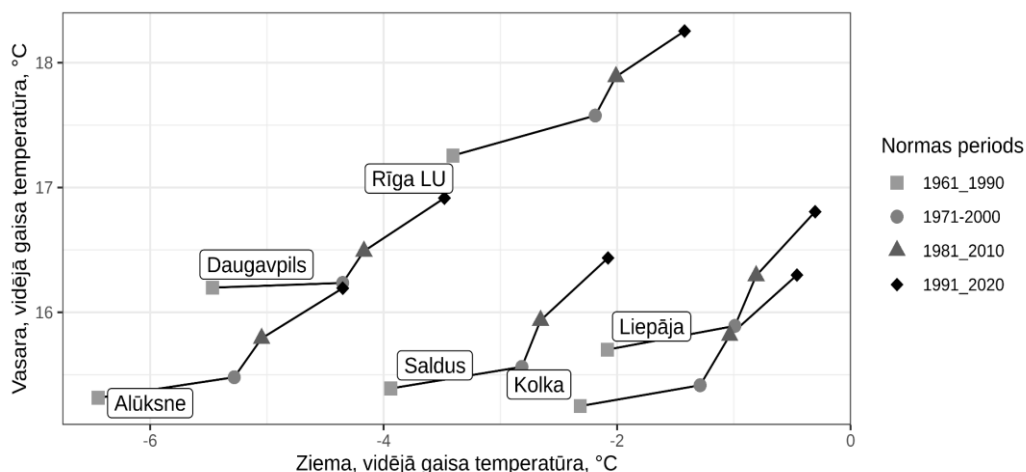


4.attēls. Mēneša vidējās gaisa temperatūras sadalījums un tās robežvērtības Latvijā gada griezumā references periodā no 1961. līdz 1990. gadam un klimatiskās normas periodā no 1991. līdz 2020. gadam (autoru izveidots, izmantojot E-OBS datus, katrai datu šūnai atsevišķi). Kastīte ietver datu punktus starp 25 un 75 procentiles ar atzīmētu mediāno vērtību, nogriežņi sniedzas līdz tālākajam datu punktam 1.5 starpkvartiļu ietvaros, punkti parāda pārējās ekstrēmās vērtības



5. attēls. Ziemas (decembris, janvāris, februāris) un vasaras (jūnijs, jūlijs, augusts) vidējā gaisa temperatūra meteoroloģisko novērojumu stacijās klimatiskās normas periodā no 1991. līdz 2020. gadam (autoru izveidots, izmantojot LVĢMC datus) - Datu analīzē, vizuālās uzskatāmības labad, ir izslēgta Rīgas meteoroloģiskā stacija

Ziemā piekrastes stacijās (Ventspils, Pāvilosta, Liepāja, Kolka) gaisa temperatūra svārstās ap 0°C, savukārt, kontinentālajās stacijās (Alūksne, Zosēni, Rēzekne, Gulbene) ap -4°C (5.attēls). Alūksnē un Zosēnos arī vasaras periodā saglabājas zemākā gaisa temperatūra. Maksimālās vērtības savukārt fiksētas Latvijas D un DA stacijās. Nav izteikts nošķīrums – piekrastes kontinentālās stacijas, kā tas raksturīgs ziemas sezonai.



6. attēls. Ziemas (decembris, janvāris, februāris) un vasaras (jūnijs, jūlijs, augusts) vidējā gaisa temperatūra meteoroloģisko novērojumu stacijās klimatiskās normas periodā no 1991. līdz 2020. gadam (autoru izveidots, izmantojot LVĢMC datus)

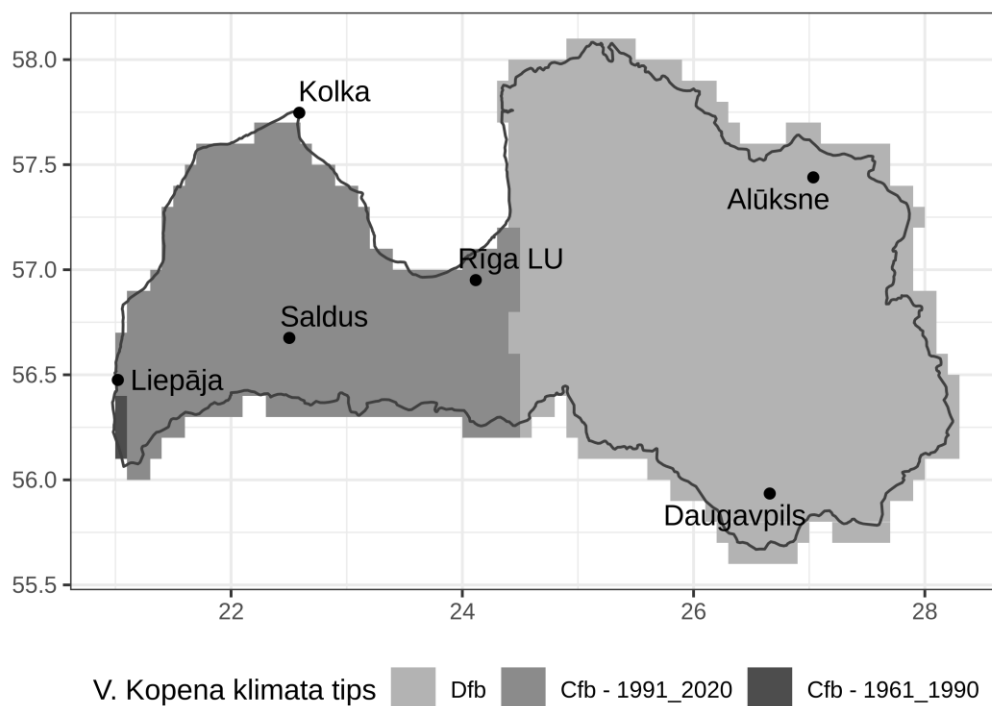
Arī sezonālajā griezumā gaisa temperatūrai ir vērojams “lūzumpunkts” 1989./90.gads, pēc kura dominē pozitīvās novirzes no ilgtermiņa vidējām vērtībām, līdzīgi kā gada vidējai temperatūrai. Izteiktākas pozitīvās novirzes ir ziemas sezonā, mazāk izteiktas – vasarā. Interesanti, ka perioda pēdējos rudenos ir izteiktāka pozitīvā tendence, rudens sezonas temperatūra arī kļūst vidēji augstāka/siltāka nekā periodā vidēji. Gaisa temperatūras paaugstināšanās sezonās atspoguļojas arī reģionālajā griezumā, Alūksnē un Daugavpilī janvārī gaisa temperatūras paaugstināšanās ir bijusi +2.5°C, salīdzinot ar references periodu (3. attēls). Visās analizētajās meteoroloģiskajās stacijās straujākais sezonālās temperatūras kāpums ir bijis tieši pēdējā klimatiskās normas periodā (6. attēls). Gan neparametriskā Manna-Kendala trenda testa analīze, gan regresijas analīze rāda, ka gaisa temperatūras paaugstināšanās ir būtiska un statistiski ticama. Taisnes regresijas koeficients ziemas sezonas pēdējā normas periodā gaisa temperatūrai ir 0.07°C gadā, savukārt vasarā un rudenī - 0.03°C gadā (2. tabula).

2. tabula. Vidējās sezonālās gaisa temperatūras tendences lineārā regresija un Manna-Kendala trenda testa vērtības, 1961. līdz 2020. gada periodā (autoru izveidots, izmantojot E-OBS datus)

<i>Sezona</i>	<i>Taisnes regresijas koeficients (slope) (°C/gads)</i>	<i>Tendence, standartkļūda (°C/gads)</i>	<i>Manna-Kendala trenda tests</i>
<b>Gads</b>	0.04**	0.01	5.50**
<b>Ziema</b>	0.07**	0.02	3.67**
<b>Pavasaris</b>	0.04**	0.01	4.15**
<b>Vasara</b>	0.03**	0.01	3.78**
<b>Rudens</b>	0.03**	0.01	3.53**

\*\* - statistiski nozīmīga vērtība ar ticamību >99%

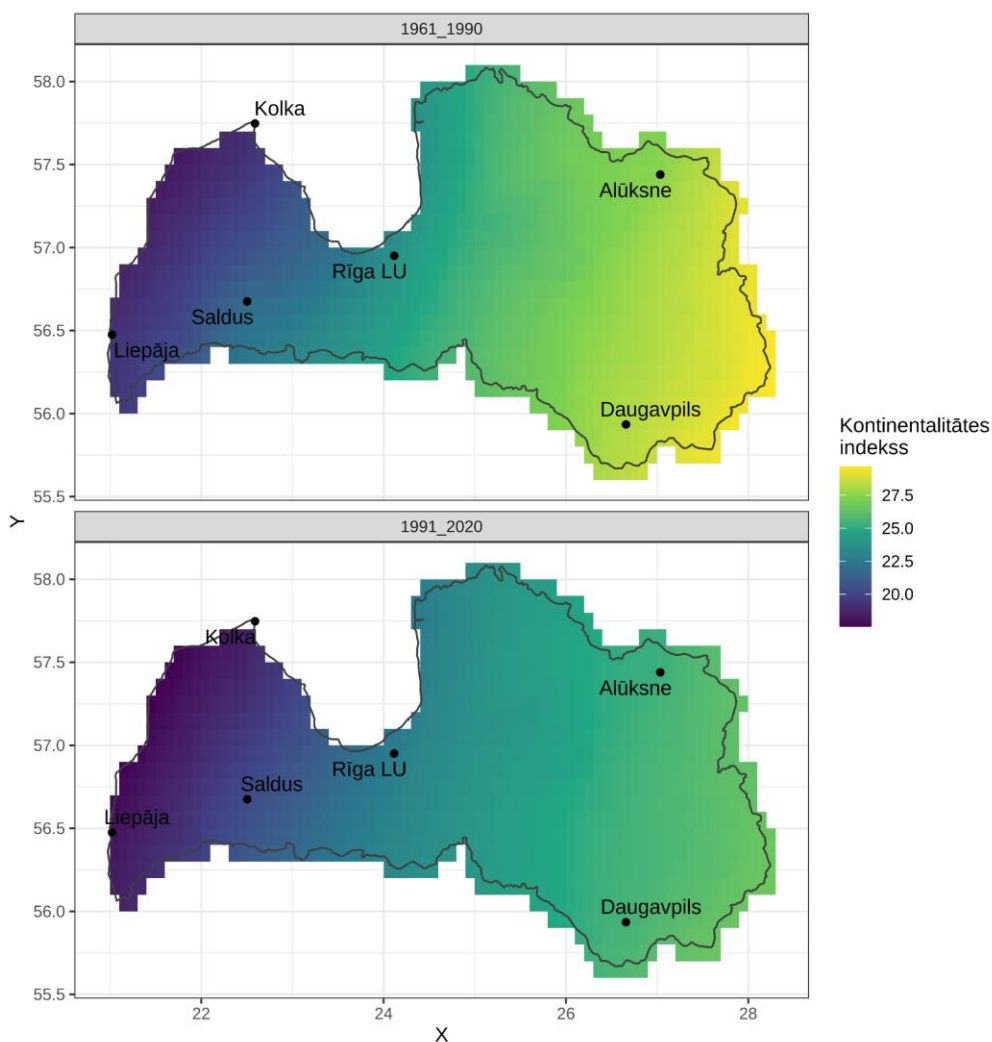
Sezonu kontekstā jāmin klimatisko tipu pārbīde Latvijas teritorijā. Atklātās Baltijas jūras piekrastē un Latvijas vidusdaļā klimata zonas no boreālās-siltas vasaras humīda kontinentālā (Dfb zona pēc V. Koppena klasifikācijas) ir mainījušās uz temperāto-mēreno okeānisko klimatu (Cfb) tipu (7. attēls), ko nosaka gada aukstākā mēneša vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās virs -3°C.



7. attēls. V. Koppena klasifikācijas klimata tipi Latvijā references 1961. līdz 1990. gada periodā un pēdējā klimatiskās normas periodā no 1991. līdz 2020. gadam (autoru izveidots, izmantojot E-OBS datus)

**Kontinentalitāte**

Baltijas jūrai ir liela ietekme uz termālo režīmu Latvijā, piemēram, atklātās Baltijas jūras piekrastē ziemas temperatūra ir par 3-4°C siltāka nekā kontinentālajās stacijās (5. attēls). Savukārt kontinentālajās stacijās, salīdzinot ar piekrastes stacijām, ir bijusi lielāka gaisa temperatūras paaugstināšanās ziemas mēnešos. Ūdenim piemīt augstāka siltuma kapacitāte, salīdzinot ar sauszemi, tāpēc lieli ūdens objekti – jūras un okeāni – būtiski ietekmē piegulošo teritoriju klimatiskos apstākļus, izlīdzinot gaisa temperatūras sezonālās svārstības. Savukārt reģionos, kuri atrodas tālu no lieliem ūdens objektiem, ir novērojamas ļoti lielas gaisa temperatūras sezonālās svārstības: aukstas ziemas un karstas vasaras. Viens no vienkāršākajiem un bieži lietotajiem ir Gorczyński noteiktais kontinentalitātes indekss (Gorczyński, 1920; Avotniece u.c., 2017), kam pamatā gada siltākā un aukstākā mēneša vidējās gaisa temperatūras starpības izteikšana, ņemot vērā vietas ģeogrāfisko platumu.



8. attēls. Kontinentalitātes indekss pēc Gorczyński, 1920, adaptēts no Avotniece u.c., 2017, references periodā (1961–1991) un klimatiskās normas periodā (1991–2020) (autoru izveidots, izmantojot E-OBS datus)

Kontinentalitātes indeksa analīze liecina, ka klimats visā Latvijas teritorijā kļūst maigāks, L. Gorčinski kontinentalitātes indeksa vērtība samazinās (8. attēls). References periodā (1961–1990) kontinentalitātes indeksa vērtības Latvijas austrumdaļā ir bijušas gandrīz 28% (8. attēls), savukārt pēdējā klimatiskās normas periodā (1991–2020) – mazāk kā 25%, kas var tikt pielīdzināts Latvijas vidusdaļas klimatam references periodā. Kontinentalitātes pārmaiņas galvenokārt saistāmas ar ziemas sezonas gaisa temperatūras paaugstināšanos, kas ir izteiktāka valsts austrumu reģionos.

### **Kopsavilkums**

Kopumā pēdējo sešdesmit gadu laikā (1961–2020) visā Latvijas teritorijā gada vidējā temperatūra ir paaugstinājusies par 1.2°C (no tiem 0.5°C pēdējā klimatiskās normas periodā) ar izteiktākām pārmaiņām augstieņu teritorijās. Temperatūras kāpumam ir sezonāls raksturs. Visbūtiskāk ir mainījusies ziemas sezonas temperatūra, nebūtiskāk – rudens sezonas gaisa temperatūra. Latvijas teritorijā gaisa temperatūra sezonu griezumā var variēt pat 22°C, savukārt gada vidējā gaisa temperatūra – 4°C diapazonā.

Reģionālās atšķirības vairāk izteiktas ziemā, Latvijas rietumu daļā, piekrastē novērotā gaisa temperatūra ir par 3 līdz 4°C augstāka, salīdzinot ar Latvijas austrumu daļu. Savukārt vasarā vēsākie ir ziemeļu reģioni un teritorijas, kas atrodas augstāk virs jūras līmeņa, tomēr vidējā vasaras mēnešu gaisa temperatūras starpība ir tikai aptuveni 1°C. Ziemas sezonā gaisa temperatūras raksturā redzama kontinentalitātes ietekme, savukārt vasaras sezonā Z-D gradients un reljefa ietekme. Izņēmums ir Rīgas aglomerācijas siltuma sala, kur gaisa temperatūra vasaras mēnešos ir par 2-3°C augstāka nekā pārējā teritorijā. Jāteic, ka mainījušās arī kontinentalitātes indeksa vērtības visā Latvijas teritorijā, bet, jo īpaši, austrumu reģionos: klimats kopumā Latvijas teritorijā kļūst izlīdzinātāks un maigāks.

Klimatam kļūstot siltākam, notiek arī klimatisko zonu robežu pārbīde. Klimatiskās references periodā no 1961. līdz 1990. gadam faktiski visu Latvijas teritoriju raksturoja boreālais klimata tips (Dfb zona pēc V. Kopena klimata klasifikācijas), bet pēdējā klimatiskās references periodā Latvijas rietumu un vidusdaļai jau ir raksturīgs temporālais klimata tips (Cfb zona).

Baltijas jūras reģionā gaisa temperatūra paaugstinās straujāk nekā vidēji pasaulē (Christensen et al, 2022; Meier, et al, 2021), ko nosaka atmosfēras cirkulācijas raksturs un teritorijas atrašanās vieta pārejas zonā starp dažādiem klimata tipiem un biomiem. Mūsu pētījums apliecina, ka pēdējā klimatiskās references periodā no 1991. līdz 2020. gadam gaisa temperatūra ir paaugstinājusies vēl straujāk nekā iepriekšējās desmitgadēs.

### **Pateicības**

Izsakām pateicību EU-FP6 projektam UERRA (<http://www.uerra.eu>) par E-OBS datu bāzi un *Copernicus Climate Change Service* un datu devējiem ECA&D projekta ietvaros (<https://www.ecad.eu>).

Pētījums izstrādāts ar Latvijas Zinātnes padomes projekta "Laiktelpiskā pazemes ūdeņu sausuma prognozēšana ar jauktiem modeļiem daudzslāņu sedimentācijas baseinā klimata pārmaiņu ietekmē" Nr. lzp-2019/1-0165 un projekta Nr. Y5-AZ03-ZF-N-110 "Dabas resursu ilgtspējīga izmantošana klimata pārmaiņu kontekstā" Nr. ZD2010/AZ03 atbalstu.

### **Atsauces**

Avotniece, Z., Aņiskeviča, S., Maļinovskis, E. (2017). Klimata pārmaiņu scenāriji Latvijai, Climate change scenarios in Latvia. Rīga. Pieejams: <https://www4.meteo.lv/klimatariks/zinojums.pdf> Skat.14.12.2021.

Chen D., Chen H. W. (2013). Using Köppen classification to quantify climate variation and change: an example for 1901-2010. *Environment Development*, 6, 69-79.

Christensen, O. B., Kjellström, E., Dieterich, C., Gröger, M., and Meier, H. E. M. (2022). Atmospheric regional climate projections for the Baltic Sea Region until 2100, *Earth Syst. Dynam.*, 13, 133–157

Cornes, R. C., van der Schrier, G., van den Besselaar, E. J. M., & Jones, P. D. (2018). An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Data Sets. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(17), 9391–9409. <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>

EEA (2021a). Climate-ADAPT. Global and European temperatures. Pieejams: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/indicators/global-and-european-temperature> Skat. 12.01.2022.

EEA (2021b). Global and European temperatures. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/ims/global-and-european-temperatures> Skat.12.01.2022.

Gorczyński, L. (1920). Sur Le Calcul Du Degré Du Continentalisme Et Son Application Dans La Climatologie. *Geogr. Ann.* 2, 324–331. <https://doi.org/10.1080/20014422.1920.11880778>

Jaagus, J., Briede, A., Rimkus, E., Remm, K. (2014). Variability and trends in daily minimum and maximum temperatures and in the diurnal range in Lithuania, Latvia and Estonia in 1951-2010. *Theoretical and Applied Climatology*. 118. [10.1007/s00704-013-1041-7](https://doi.org/10.1007/s00704-013-1041-7).

Klimata portāls (bez datējuma). LVĢMC. Mēnešu klimatiskais raksturojums. Pieejams: [https://klimats.meteo.lv/klimats/menesu\\_klimatiskais\\_raksturojums](https://klimats.meteo.lv/klimats/menesu_klimatiskais_raksturojums) Skat.05.04.2022.

Libiseller C., Grimvall A. (2002) Performance of partial Mann–Kendall tests for trend detection in presence of covariates. *Environmetrics*, 13, 71–84.

Meier, M., Kniebusch, M., Dieterich, C., Gröger, M., Zorita, E., Elmgren, R., Myrberg, K., Ahola, M., Bartosova, A., Bonsdorff, E., Börgel, F., Capell, R., Carlén, I., Carlund, T., Carstensen, J., Christensen, O., Dierschke, V., Frauen, C., Frederiksen, M., Zhang. (2021). *Climate Change in the Baltic Sea Region: A Summary*. DOI: 10.5194/esd-2021-67.

Pohlert, T. (2020). Trend: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection, R Package Version 1.1.4.

R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.r-project.org/>

---

Tomczyk, A. M., Bednorz, E., 2014. Heat and cold waves on the southern coast of the Baltic Sea. *Baltica*, 27 (1), 45–54. Vilnius. EISSN 1648-858X.

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>